



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES  
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO PARA LA  
OPTIMIZACIÓN DEL ENVASADO DE YOGURT EN LA PLANTA DE LÁCTEOS  
MARCO’S”**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del título de**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**Presentado por:**

**DAVID TRAJANO BASANTES MONTERO**

Riobamba-Ecuador  
2013

## **AGRADECIMIENTO**

El tiempo ha sido testigo del esfuerzo y sacrificio de todos quienes se encaminan a conseguir sus sueños. Es así que agradezco aquellas personas que formaron parte de este valioso trayecto hacia la culminación de mi carrera, en primer lugar a mis padres, principal aliento de lucha, a mi hermana por su constante empuje y buenos deseos, y a toda mi familia por su infaltable apoyo.

Un sincero agradecimiento al Ing. Jorge Paucar ya la Escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, sus autoridades, docentes y demás personal administrativo, por ser los partícipes de este logro alcanzado.

## **DEDICATORIA**

A la mujer que más amo, mi Madre, que me enseñó con el ejemplo como ser mejor cada día, como esforzarme y luchar por conseguir todos mis sueños, por el cariño infaltable y sus palabras de aliento, por estar siempre a mi lado, a mi Padre por ser quien soy, su carácter, su perseverancia, su dedicación y cariño, a mi hermana, mi mejor amiga por sus consejos y aliento incondicional.

## FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes. <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	.....	.....
Ing. Paúl Romero <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL REDES INDUSTRIALES</b>	.....	.....
Ing. Jorge Paucar <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	.....	.....
Ing. José Guerra <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
Lcdo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN</b>	.....	.....
<b>NOTA DE LA TESIS</b>	.....	

## **TEXTO DE RESPONSABILIDAD**

“Yo, **DAVID TRAJANO BASANTES MONTERO** soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**”

-----  
David Trajano Basantes Montero

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>AWG:</b>	American Wire Gauge
<b>VI:</b>	Instrumentos Virtuales
<b>OPC:</b>	OLE para procesos de control
<b>OLE:</b>	Incrustación y enlazado de objetos
<b>NI:</b>	National Instruments
<b>CA:</b>	Corriente Alterna
<b>I/O:</b>	Entrada y Salida
<b>CPU:</b>	Unidad Central de Procesamiento
<b>DCS:</b>	Sistemas de Control Distribuido
<b>HMI:</b>	Interfaz Hombre Máquina
<b>N/A:</b>	Normalmente Abierto
<b>N/C:</b>	Normalmente Cerrado
<b>PC:</b>	Controlador Programable
<b>PLC:</b>	Controlador Lógico Programable
<b>LabVIEW:</b>	Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench
<b>RLY:</b>	Salidas con conexión de relé o contacto libre de potencial
<b>TCP/IP:</b>	Protocolo de Control de Transmisión/Protocolo de Internet
<b>KOP</b>	Esquema de contactos
<b>FUP</b>	Diagrama de funciones
<b>SCL</b>	Structured control language

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
TEXTO DE RESPONSABILIDAD	
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE TABLAS	
INTRODUCCIÓN	

### CAPÍTULO I

#### MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES .....	15
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.3 OBJETIVOS.....	17
1.3.1 General.....	17
1.3.2 Específicos .....	17
1.4 HIPOTESIS .....	17

### CAPÍTULO II

#### ANÁLISIS DE LA PLANTA

2.1 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE YOGURT .....	18
2.1.1 Yogurt .....	18
2.1.2 Proceso de producción.....	18
2.2 ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENVASADO ACTUAL .....	19
2.2.1 Tiempos de envasado.....	24
2.2.2 Proceso de conteo y registro actual.....	25

### CAPITULO III

#### SISTEMAS DE CONTROL

3.1 SISTEMA .....	27
3.2 CONTROL .....	28
3.3 SISTEMA DE CONTROL.....	28

3.3.1 Sistemas de control en lazo abierto.....	28
2.3.3.2 Sistemas de control en lazo cerrado.....	29
3.4 CONTROL ON – OFF .....	30

## CAPÍTULO IV

### AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

4.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL.....	32
4.2 TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN .....	34
4.2.1 El control automático de procesos .....	34
4.2.2 El proceso electrónico de datos .....	35
4.2.3 La automatización fija .....	35
4.2.4 El control numérico computarizado.....	35
4.2.5 La automatización flexible.....	35
4.3 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	36
4.4 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.....	36
4.5 HMI (INTERFACE HUMANO-MÁQUINA).....	37
4.5.1 TIPOS DE HMI .....	38
4.5.2 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI.....	40
4.5.3 TAREAS DE UN HMI.....	41

## CAPITULO V

### PROCESOS

5.1 PROCESO .....	43
5.2 TIPOS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN .....	44
5.3 OPTIMIZACIÓN .....	44
5.4 MEJORAMIENTO CONTINUO.....	47
5.4.1 Motivos para una mejora continua.....	47
5.5 MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN .....	49
5.5.1 Herramientas para el mejoramiento de la producción .....	50

## CAPITULO VI

### DISEÑO

6.1 INTRODUCCION.....	52
-----------------------	----

6.2 METODOLOGÍA .....	53
6.2.1 Identificación del proceso a mejorar.....	54
6.2.2 Identificación de los equipos involucrados en la automatización.....	55
6.2.3 Selección de los equipos y elementos adecuados para el proceso .....	56
6.2.4 Codificación de los equipos y elementos para la programación del PLC .....	83
6.2.5 Programación del PLC.....	84
6.2.6 Programación del NI OPC SERVER.....	98
6.2.7 Programación del HMI en LABVIEW .....	110
6.2.8 Implementación de los Elementos y Equipos de Control.....	116
6.2.9 Funcionamiento del Control y Monitoreo .....	120
6.3 PRESUPUESTO .....	129
6.4 ANÁLISIS DE COSTOS Y RESULTADOS .....	131

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura II.1:</b> Diagrama de flujo del proceso de producción de yogurt.....	19
<b>Figura II.2:</b> Diagrama de flujo del proceso de envasado.....	20
<b>Figura II.3:</b> Toldos de almacenamiento de yogurt.....	21
<b>Figura II.4:</b> Área de embotellamiento.....	21
<b>Figura II.5:</b> Llenado del envase.....	22
<b>Figura II.6:</b> Derrame de producto.....	23
<b>Figura II.7:</b> Tapado de envase.....	23
<b>Figura II.8:</b> Gavetas de transporte.....	24
<b>Figura II.9:</b> Ficha de conteo y registro.....	26
<b>Figura III.1:</b> Diagrama general de un sistema. Alegsa (2011, internet).....	27
<b>Figura III.2:</b> Proceso a controlar.....	28
<b>Figura III.3:</b> Diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto.....	29
<b>Figura III.4:</b> Diagrama de bloque de un sistema en lazo cerrado.....	30
<b>Figura IV.1:</b> Pirámide de la automatización.....	34
<b>Figura IV.2:</b> Ejemplo de HMI. Process Aquatics International.....	38
<b>Figura IV.3:</b> Ejemplo terminal del operador.....	39
<b>Figura IV.4:</b> Ejemplo HMI software PC.....	40
<b>Figura V.1:</b> Gráfica general de un proceso de producción.....	43
<b>Figura VI.1:</b> Pulsador rasante NA.....	57
<b>Figura VI.2:</b> Pulsador rasante NC.....	58
<b>Figura VI.3:</b> Pulsador paro de emergencia.....	58
<b>Figura VI.4:</b> Luz piloto verde.....	59
<b>Figura VI.5:</b> Luz piloto roja.....	60
<b>Figura VI.6:</b> Selector de dos posiciones con iluminación.....	60
<b>Figura VI.7:</b> Interruptor de nivel electromagnético de montaje lateral.....	62
<b>Figura VI.8:</b> Sensor óptico.....	63
<b>Figura VI.9:</b> Celda de carga.....	66
<b>Figura VI.10:</b> Sensor magnético.....	67

<b>Figura VI.11:</b> Electroválvula de bola en acero inoxidable AKE168E .....	69
<b>Figura VI.12:</b> Electroválvula neumática AIRTAC .....	70
<b>Figura VI.13:</b> Cilindro compacto neumático AIRTAC.....	72
<b>Figura VI.14:</b> Cilindro neumático AIRTAC .....	72
<b>Figura VI.15:</b> Motor trifásico ¼ HP.....	74
<b>Figura VI.16:</b> Variador de velocidad ALTIVAR 12 .....	75
<b>Figura VI.17:</b> PLC SIEMES S7 1200 .....	80
<b>Figura VI.18:</b> Módulos de ampliación .....	82
<b>Figura VI.19:</b> Entorno de programación .....	87
<b>Figura VI.20:</b> Ventana proyecto nuevo .....	88
<b>Figura VI.21:</b> Ventana agregar dispositivo .....	88
<b>Figura VI.22:</b> Ventana dispositivos.....	89
<b>Figura VI.23:</b> Dispositivo agregado.....	90
<b>Figura VI.24:</b> Editor de programación.....	91
<b>Figura VI.25:</b> Diagrama de contactos del proceso parte 1 .....	92
<b>Figura VI.26:</b> Diagrama de contactos del proceso parte 2 .....	93
<b>Figura VI.27:</b> Diagrama de contactos del proceso parte 3 .....	94
<b>Figura VI.28:</b> Diagrama de contactos del proceso parte 4 .....	95
<b>Figura VI.29:</b> Ventana de resultado de la compilación.....	95
<b>Figura VI.30:</b> Ventana de comunicación ONLINE.....	96
<b>Figura VI.31:</b> Carga de programa en el PLC .....	97
<b>Figura VI.32:</b> Inicio de paquete OPC.....	99
<b>Figura VI.33:</b> Pantalla de inicio .....	99
<b>Figura VI.34:</b> Inicio de configuración.....	100
<b>Figura VI.35:</b> Nombre del canal.....	101
<b>Figura VI.36:</b> Selección de sistema de comunicación .....	102
<b>Figura VI.37:</b> Tarjeta de red de la PC que se usara.....	102
<b>Figura VI.38:</b> Nombre del PLC.....	102
<b>Figura VI.39:</b> Selección del modelo de PLC .....	103
<b>Figura VI.40:</b> Dirección IP de PLC.....	104

<b>Figura VI.41:</b> Tabla de variables.....	104
<b>Figura VI.42:</b> Creación de variable de entrada .....	105
<b>Figura VI.43:</b> Creación de variable de salida.....	106
<b>Figura VI.44:</b> Variables creadas.....	106
<b>Figura VI.45:</b> Variables creadas.....	107
<b>Figura VI.46:</b> Conectarse al PLC .....	107
<b>Figura VI.47:</b> Selección de Quick Client .....	108
<b>Figura VI.48:</b> Mal conectado .....	108
<b>Figura VI.49:</b> Bien conectado .....	109
<b>Figura VI.50:</b> Ventana de proyectos en LABVIEW .....	110
<b>Figura VI.51:</b> Ventana para crear un I/O Server .....	111
<b>Figura VI.52:</b> Ventana para crear un Cliente OPC .....	111
<b>Figura VI.53:</b> Ventana de configuración del cliente OPC .....	112
<b>Figura VI.54:</b> Ventana de selección de Bound Variables .....	113
<b>Figura VI.55:</b> Ventana de configuración de Bound Variables.....	113
<b>Figura VI.56:</b> Agregar variables. ....	114
<b>Figura VI.57:</b> Ventana del proyecto con las variables listas.....	114
<b>Figura VI.58:</b> Variables en el panel frontal del VI.....	115
<b>Figura VI.59:</b> Panel frontal del tablero de control .....	119
<b>Figura VI.60:</b> Diagrama proceso envasado parte 1 .....	121
<b>Figura VI.61:</b> Diagrama proceso envasado parte 2.....	122
<b>Figura VI.62:</b> Diagrama proceso envasado parte 3 .....	123
<b>Figura VI.63:</b> Diagrama proceso envasado parte 4.....	124
<b>Figura VI.64:</b> Pantalla de inicio .....	125
<b>Figura VI.65:</b> Pantalla de administrador .....	125
<b>Figura VI.66:</b> Pantalla de control automático de envasado.....	127
<b>Figura VI.67:</b> Pantalla de registro de usuarios .....	128
<b>Figura VI.68:</b> Pantalla de registro de producción .....	129
<b>Figura VI.69:</b> Porcentaje de ahorro económico .....	135
<b>Figura VI.70:</b> Porcentaje carga laboral .....	136

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla II.I:</b> Tiempos de envasado.....	25
<b>Tabla V.I:</b> Procesos de producción existentes.....	45
<b>Tabla V.II:</b> Procesos de producción existentes continuación.....	46
<b>Tabla VI.I:</b> Características de los interruptores de nivel.....	62
<b>Tabla VI.II:</b> Pesos de cada presentación.....	65
<b>Tabla VI.III:</b> Características técnicas Electroválvula Neumática AIRTAC.....	71
<b>Tabla VI.IV:</b> Comparación de los modelos de CPU parte 1.....	81
<b>Tabla VI.V:</b> Comparación de los modelos de CPU parte 2.....	82
<b>Tabla VI.VI:</b> Variables del PLC parte 1.....	83
<b>Tabla VI.VII:</b> Variables del PLC parta 2.....	84
<b>Tabla VI.VIII:</b> Requisitos del sistema.....	86
<b>Tabla VI.IX:</b> Presupuesto.....	130

## INTRODUCCIÓN

La empresa LÁCTEOS MARCO'S se crea en Agosto de 1994 teniendo como razón social la de Persona Natural a nombre de la Señora Mónica Patricia Campaña Cobo; su planta de producción se encuentra ubicada en la ciudad de Píllaro Vía La Primavera provincia de Tungurahua. Desde su creación la empresa ha venido produciendo leche, yogurt y queso de la más alta calidad, teniendo así como principales distribuidores a los Almacenes TIA del Ecuador.

Toda empresa productiva necesita del aporte tecnológico por parte de la comunidad profesional del país, de esta manera la elaboración de sus productos podrán cumplir las expectativas necesarias para expandir su mercado e involucrarse en la tecnificación industrial de sus procesos. Es por este motivo que se decide diseñar un control automático de envasado de yogurt, que tenga la capacidad de optimizar los procesos de producción de yogurt, con el uso adecuado de las nuevas tecnologías para la empresa láctea.

Con el presente diseño se busca mejorar la forma de envasar el yogurt, proporcionar la cantidad justa del producto, disminuir el esfuerzo físico de cada trabajador, aumentar la producción, evitar el desperdicio del producto, tener la posibilidad de contabilizar y registrar la cantidad producida con la capacidad de adquirir datos necesarios y relevantes.

Por lo tanto este proyecto pretende dar solución a muchos de los problemas generados en la industria láctea, en base a la utilización de tecnología actual y al diseño de controles automáticos, que tienen como objetivo primordial optimizar el proceso de envasado y sobre todo permitir que las empresas se desarrollen tecnológicamente y económicamente.

# **CAPÍTULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La automatización industrial está definida como un sistema que utiliza elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales, por lo que es fundamental para la productividad de las fábricas y principalmente para conseguir la estandarización de la calidad del producto, sin olvidar la seguridad de las personas.

Al automatizar procesos no se debe considerar criterios erróneos de que va a remplazar a la fuerza laboral de los seres humanos ni tampoco que incluye necesariamente la reducción del costo del trabajo sino más bien se debe tomar en cuenta la calidad del producto y la reducción de los tiempos de producción lo que conlleva a un aumento de la productividad.

La automatización a nivel mundial ha contribuido en gran medida al incremento del tiempo libre y de los salarios reales de la mayoría de los trabajadores de los países industrializados. También ha permitido incrementar la producción y reducir los costes, poniendo diferentes

productos al alcance de todos. Los países desarrollados son los pioneros en la utilización y mejoramiento de la automatización industrial aportando con nueva tecnología a los países en vías de desarrollo, los cuales para entrar en un mercado competitivo a nivel mundial tienden a automatizar sus industrias.

En el Ecuador la automatización en las industrias se ha venido desarrollando paulatinamente, logrando que las fábricas que poseen sistemas automáticos puedan ganar más fácilmente el mercado nacional. Siendo LÁCTEOS MARCO'S una empresa que presta mucha atención al constante desarrollo tecnológico y se enfoca directamente a la mejora continua de sus procesos, no posee todas sus áreas de producción automatizadas por lo que determinados procesos tiene que realizarse todavía en forma manual ocasionando pérdidas en el tiempo de producción.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

LÁCTEOS MARCO'S es una empresa en constante desarrollo y crecimiento, uno de sus objetivos es mejorar su producción y en un futuro aumentarla, teniendo como limitación principal el control manual de la mayoría de sus procesos.

Tras el desarrollo del proyecto se podrá determinar que al controlar automáticamente los procesos de producción la empresa obtendrá un aumento sustancial en la calidad del producto y mejoramiento de la producción, lo cual llevaría a LÁCTEOS MARCO'S a ser una empresa mucho más competitiva a nivel local y nacional.

El continuo desarrollo tecnológico y el crecimiento empresarial, obliga al mejoramiento significativo de las diversas áreas de producción de la empresa y será el aporte científico y técnico que se otorgará a LÁCTEOS MARCO'S para el camino del desarrollo tecnológico, por esta razón es de mucho interés el desarrollo de control automático de envasado de yogurt.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 General**

Diseñar y simular un control automático para la optimización del envasado de yogurt en la planta de LÁCTEOS MARCO'S.

#### **1.3.2 Específicos**

- Analizar el proceso de envasado de yogurt existente en la planta de LÁCTEOS MARCO'S.
- Diseñar un control automático del proceso de envasado y registro de yogurt.
- Simular el control automático del proceso de envasado de yogurt.
- Analizar la factibilidad económica del control automático diseñado en comparación con máquinas de la misma línea tomando en cuenta una posible implementación.

### **1.4 HIPOTESIS**

El control automático de envasado de yogurt en la planta de LACTEOS MARCO'S optimizará los recursos económicos y tiempos de producción.

## **CAPÍTULO II**

### **ANÁLISIS DE LA PLANTA**

#### **2.1 PROCESOS DE PRODUCCIÓN DE YOGURT**

##### **2.1.1 Yogurt**

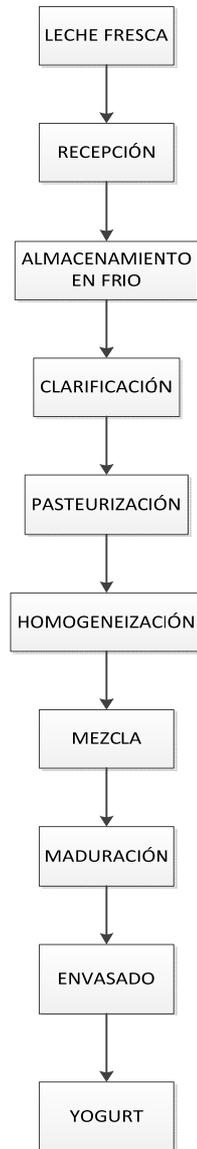
El yogurt es un productolácteo coagulado obtenido por fermentación láctica, a partir de leche pasteurizada entera, parcialmente descremada, leche en polvo entera, parcialmente descremada o descremada o una mezcla de estos productos.

##### **2.1.2 Proceso de producción**

En la elaboración de yogurt se utilizarán los siguientes compuestos: aromatizantes naturales (miel, frutas, cacao, nueces, café, chocolate, especias y otros saborizantes autorizados); azúcar y/o edulcorantes autorizados y aditivos autorizados (preservantes, estabilizantes, colorantes)<sup>1</sup>. En la Figura II.1 podemos ver detalladamente el diagrama de flujo del proceso de producción de yogurt con sus pasos secuenciales y ordenados.

---

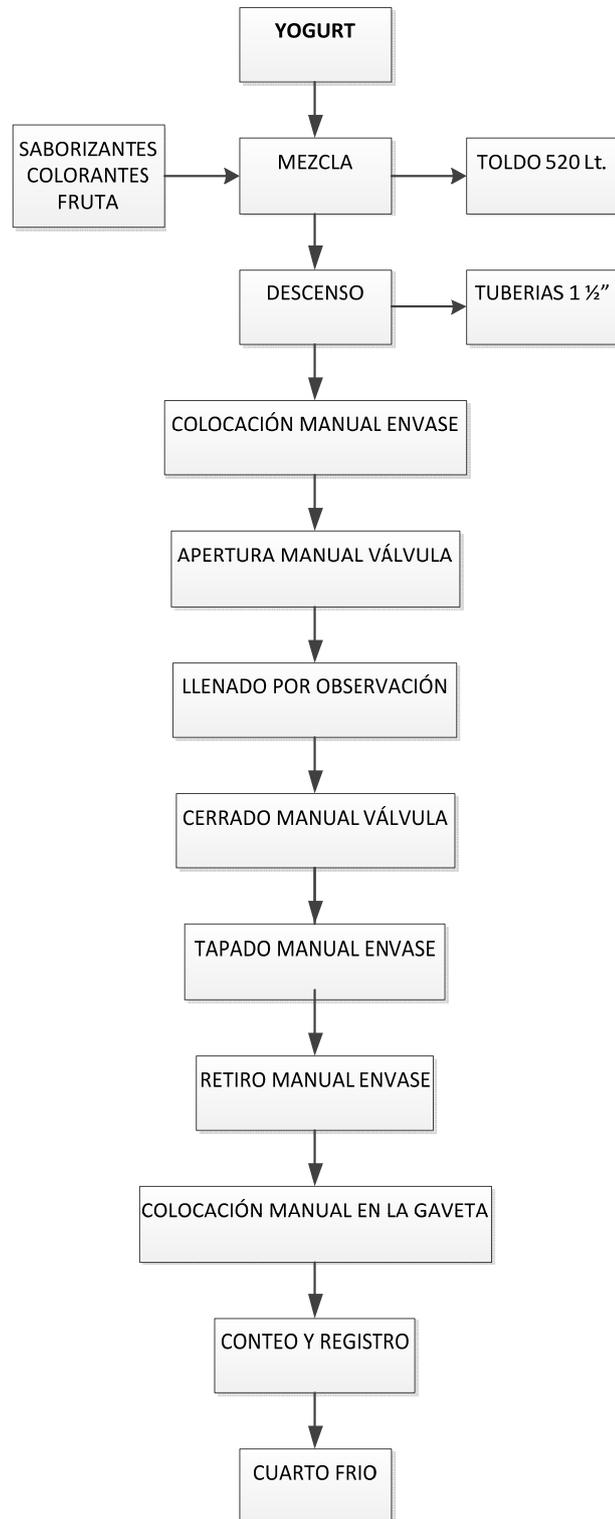
<sup>1</sup> Reglamento Sanitario de los Alimentos



**Figura II.1:** Diagrama de flujo del proceso de producción de yogurt.

## **2.2ANÁLISIS DEL PROCESO DE ENVASADO ACTUAL**

Este proyecto se enfoca en la etapa final de la producción de yogurt, el envasado, donde el proceso se cumple de forma manual e involucra hasta dos o tres empleados. Esta etapa se resume en la Figura II.2.



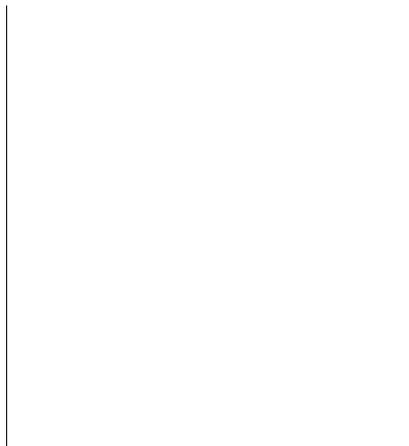
**Figura II.2:** Diagrama de flujo del proceso de envasado.

El yogurt listo para ser envasado, tras su producción se encuentra almacenado en toldos ubicados en la parte superior del área de envasado ver figura II.3.



**Figura II.3:** Toldos de almacenamiento de yogurt.

Por efecto de la gravedad el yogurt recorre hacia la parte inferior por tubería de acero inoxidable de 11/2" hasta la sección de embotellamiento.



**Figura II.4:** Área de embotellamiento.

El envase es colocado debajo del grifo donde el empleado abre y cierra una válvula de forma manual ver figura II.5, determinando la cantidad de producto por simple observación.

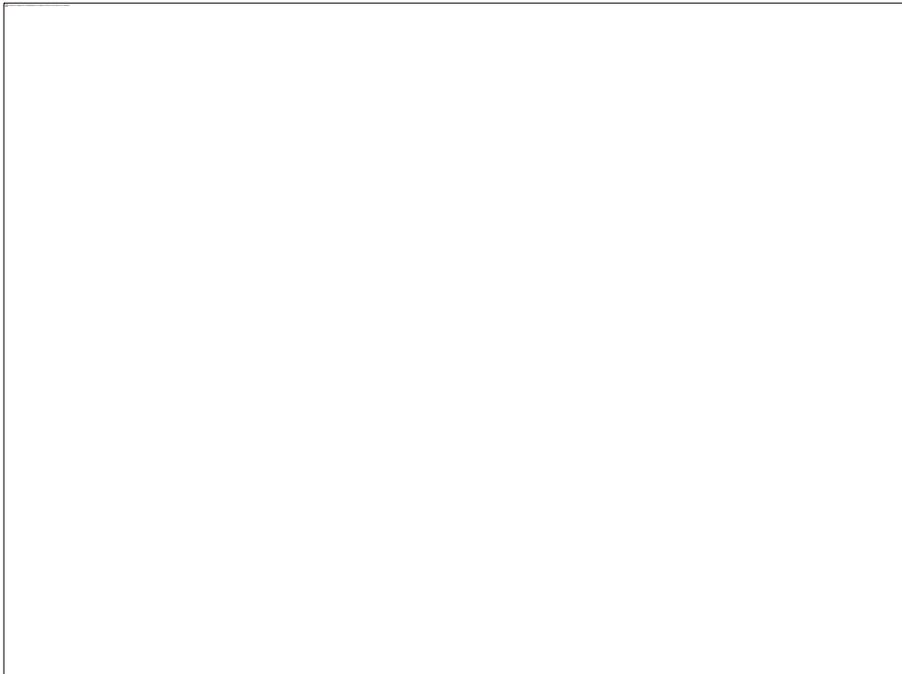


**Figura II.5:** Llenado del envase.

Cabe mencionar que durante el proceso de llenado al momento de cerrar la válvula, el yogurt sigue fluyendo por efecto de la cantidad concentrada desde el cierre de la válvula esta el final de la misma, produciéndose un derrame y desperdicio constante durante todo el proceso como se muestra en la figura II.6. Posteriormente el empleado coloca la tapa ejerciendo presión con el talón de su mano ver figura II.7.



**Figura II.6:** Derrame de producto.



**Figura II.7:** Tapado de envase.

Posteriormente es colocado en gavetas ver figura II.8, proceso que se repite con cada envase, para después ser trasladado al cuarto frío, dejando así el producto listo para ser empacado (presentación de 200 cm<sup>3</sup>) y distribuido.



**Figura II.8:** Gavetas de transporte

### **2.2.1 Tiempos de envasado**

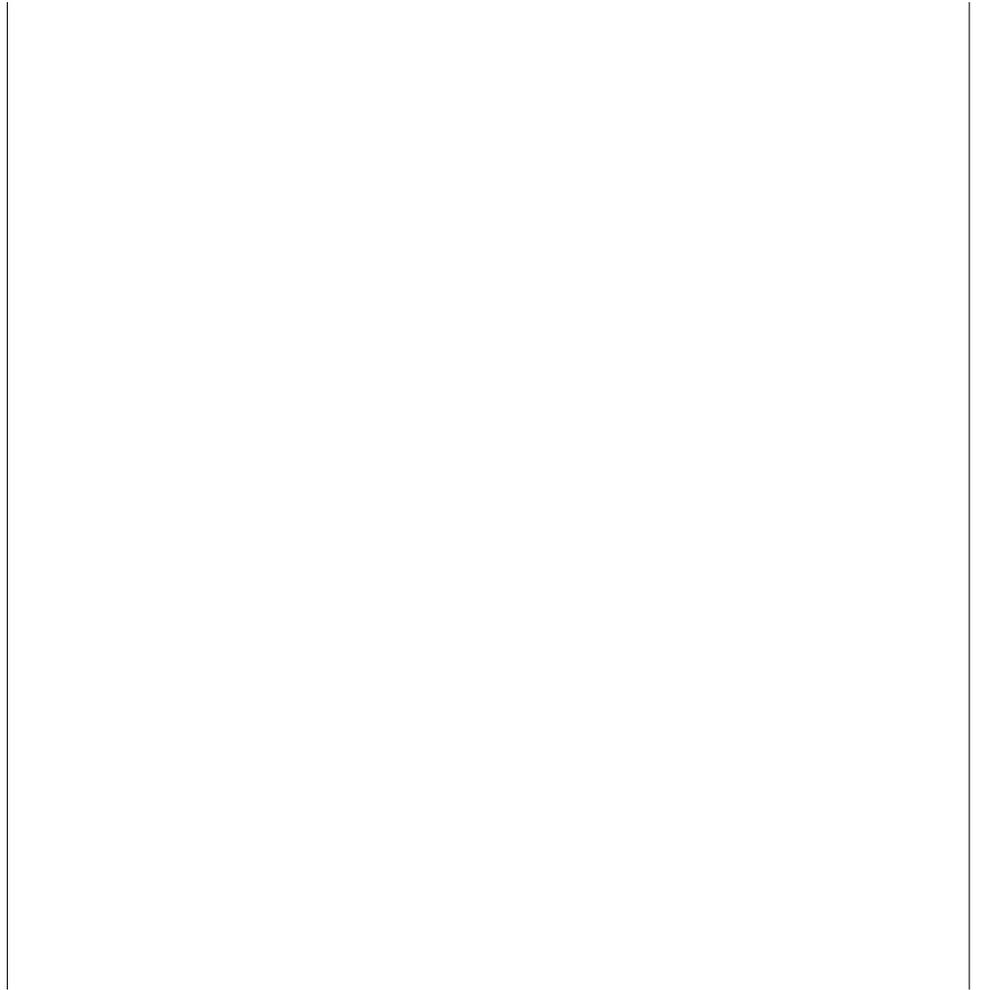
Se pudo determinar el tiempo que tarda el envasado de yogurt con la ayuda de un cronometro, en las presentaciones de: 4000cm<sup>3</sup>, 2000cm<sup>3</sup>, 1000cm<sup>3</sup>, 200cm<sup>3</sup>. Cabe recalcar que existe una variación en los tiempos debido a la presión ejercida por la cantidad de yogurt concentrada en el toldo, es decir, con un toldo lleno el tiempo es menor, pues existe mayor presión mientras que con un toldo casi vacío el yogurt desciende a menor velocidad, otro aspecto a tomar en cuenta es la viscosidad del yogurt pero el tiempo de variación es despreciable.

<b>Presentación</b> <b>Tiempo (s)</b>	<b>4000 cm<sup>3</sup></b>	<b>2000 cm<sup>3</sup></b>	<b>1000 cm<sup>3</sup></b>	<b>200 cm<sup>3</sup></b>
<b>Tomar envase</b>	1	1	1	1
<b>Llenar envase</b>	10-10.30	5-5.30	3-3.30	1-1.30
<b>Tapar envase</b>	3	3	3	4
<b>Dejar envase</b>	2	2	2	2
<b>Total</b>	<b>16-16.30</b>	<b>11-11.30</b>	<b>9-9.30</b>	<b>8-8.30</b>

**Tabla II.I:** Tiempos de envasado.

### **2.2.2 Proceso de conteo y registro actual**

El proceso de conteo y registro de la cantidad producida se realiza el momento que el producto es transportado al cuarto frío y se lo realiza de forma manual en las siguientes fichas.



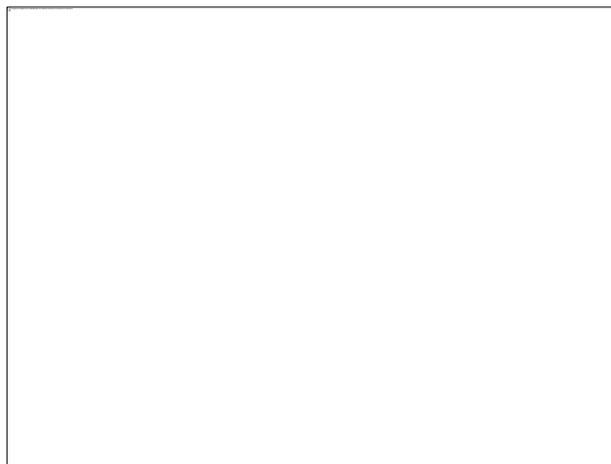
**Figura II.9:** Ficha de conteo y registro.

## **CAPITULO III**

### **SISTEMAS DE CONTROL**

#### **3.1 SISTEMA**

El Diccionario de la Real Academia Española (2006) dice que “Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia”. En la Figura III.1 podemos observar detalladamente cómo se encuentra conformado un sistema en general.



**Figura III.1:** Diagrama general de un sistema. Alegsa (2011, internet)

### 3.2 CONTROL

Según Terry (1999) el Control es el proceso para determinar lo que se está llevando a cabo, valorizándolo y si es necesario, aplicando medidas correctivas de manera que la ejecución se desarrolle de acuerdo con lo planeado.

### 3.3 SISTEMA DE CONTROL

Según Dorf y Bishop (2010) un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, que supone una relación entre causa y efecto para sus componentes. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque tal como se muestra en la figura. La relación entrada-salida representa la relación entre causa y efecto del proceso, que a su vez representa un procesamiento de la señal de entrada para proporcionar una señal de salida, frecuentemente con una amplificación de potencial.

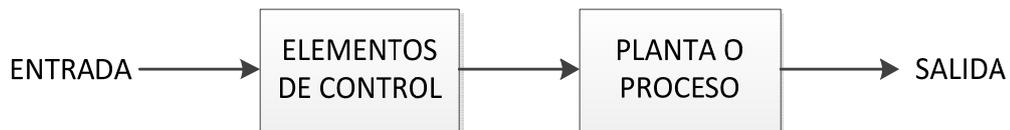


**Figura III.2:**Proceso a controlar

#### 3.3.1 Sistemas de control en lazo abierto

Un sistema de control en lazo o bucle abierto es aquel en el que la señal de salida no influye sobre la señal de entrada. La exactitud de estos sistemas depende de su calibración, de

manera que al calibrar se establece una relación entre la entrada y la salida con el fin de obtener del sistema la exactitud deseada. “Un sistema de control en lazo abierto utiliza un dispositivo de actuación para controlar el proceso directamente sin emplear realimentación” (Dorf & Bishop, 2010, p. 2)

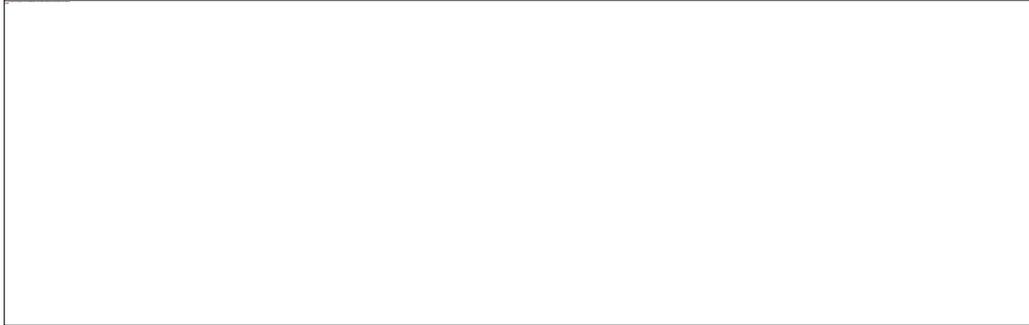


**Figura III.3:** Diagrama de bloque de un sistema en lazo abierto.

### 2.3.3.2 Sistemas de control en lazo cerrado

Martínez (2001) encontró que un sistema de control de lazo cerrado es aquél en el que la acción de control es, en cierto modo, dependiente de la salida. La señal de salida influye en la entrada. Para esto es necesaria que la entrada sea modificada en cada instante en función de la salida. Esto se consigue por medio de lo que llamamos realimentación o retroalimentación (feedback).

Por lo tanto podemos definir también los sistemas de control en lazo cerrado como aquellos sistemas en los que existe una realimentación de la señal de salida, de manera que ésta ejerce un efecto sobre la acción de control. En la Figura III.4 podemos observar claramente la retroalimentación que se tiene en este tipo de sistema de control.



**Figura III.4:** Diagrama de bloque de un sistema en lazo cerrado.

### **3.4 CONTROL ON – OFF**

“Es en esencia un interruptor activado por la señal de error y proporciona solo una señal correctora tipo encendido-apagado” (Bolton, 2010, p. 281).

#### **Características:**

- Es el tipo de control más rápido que existe.
- Este modo de control depende del signo del error.
- Posee una variación cíclica continua de la variable controlada.
- Funcionamiento óptimo en procesos con tiempo de retardo mínimo y velocidad de reacción lenta.
- Tienen un simple mecanismo de construcción, es por lo que este tipo de control es de amplio uso y mayormente utilizado en sistemas de control de temperatura.

#### **Ventajas:**

- Es la forma más simple de control.

- Bajopreciodeinstalación.
- Fácilinstalaciónymantenimiento.
- Ampliautilizaciónenprocesosdepocaprecisión.

**Desventajas:**

- Mínimaprecisión.
- Desgastedeelementofinaldecontrol.
- Pocacalidadconelproductoterminado.
- Norecomendableparaprocesosdealtoriesgo.

## **CAPÍTULO IV**

### **AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

#### **4.1 AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

Según Piedrafita (2004) “La automática es la disciplina que trata de los métodos y procedimientos cuya finalidad es la sustitución del operador humano por un operador artificial en la ejecución de una tarea física o mental previamente programada”.

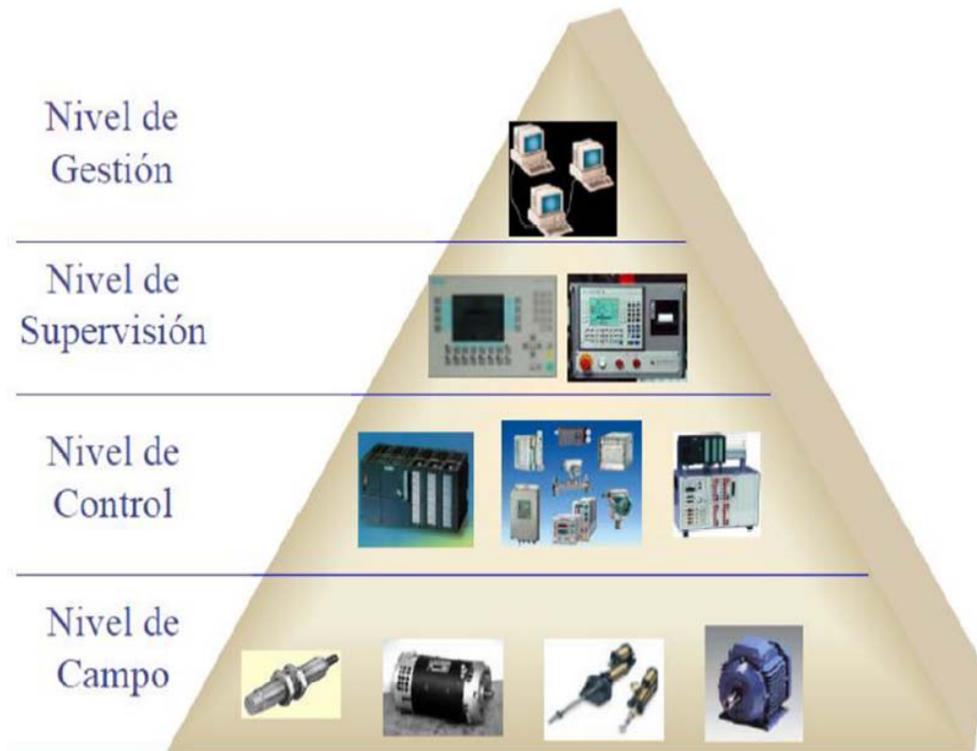
Del concepto descrito anteriormente determinamos que la automatización industrial trata del uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos, es decir de una manera autónoma.

La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de

datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales. La automatización incluye:

- Herramientas automáticas para procesar partes.
- Máquinas de montaje automático.
- Robots industriales.
- Manejo automático de material y sistemas de almacenamiento.
- Sistemas de inspección automática para control de calidad.
- Control de reaprovechamiento y control de proceso por computadora.
- Sistemas por computadora para planear colecta de datos y toma de decisiones para apoyar las actividades manufactureras.

En la figura IV.1 podemos observar claramente los niveles que la automatización industrial puede alcanzar, empezando desde un nivel de campo en el cual encontramos todo tipo de sensores y actuadores, hasta llegar a un nivel de gestión en el cual podemos abarcar y relacionar todos los entes involucrados en un sistema SCADA; que es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de procesos a distancia.



**Figura IV.1:** Pirámide de la automatización.

## **4.2 TIPOS DE AUTOMATIZACIÓN**

Existen cinco formas de automatizar en la industria moderna, de modo que se deberá analizar cada situación a fin de decidir correctamente el esquema más adecuado. Los tipos de automatización son:

### **4.2.1 El control automático de procesos**

Se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

#### **4.2.2 El proceso electrónico de datos**

Frecuentemente es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores.

#### **4.2.3 La automatización fija**

Es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los (PLC'S) O Controladores Lógicos Programables.

#### **4.2.4 El control numérico computarizado**

Un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN). Entre las MHCN podemos mencionar:

- Fresadoras CNC.
- Tornos CNC.
- Máquinas de Electroerosionado.
- Máquinas de Corte por Hilo, etc.

#### **4.2.5 La automatización flexible**

El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible".

#### **4.3 OBJETIVOS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

Medina y Guadayol (2010) encontraron que los objetivos de la automatización son los siguientes:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo.
- Integrar la gestión y producción.

#### **4.4 VENTAJAS DE LA AUTOMATIZACIÓN**

Medina y Guadayol (2010) encontraron que las ventajas de la automatización son las siguientes:

- Reemplazo de operadores humanos en tareas repetitivas o de alto riesgo.
- Reemplazo de operador humano en tareas que están fuera del alcance de sus capacidades como levantar cargas pesadas, trabajos en ambientes extremos o tareas que necesiten manejo de una alta precisión
- Incremento de la producción. Al mantener la línea de producción automatizada, las demoras del proceso son mínimas, no hay agotamiento o desconcentración en las tareas repetitivas, el tiempo de ejecución se disminuye considerablemente según el proceso.

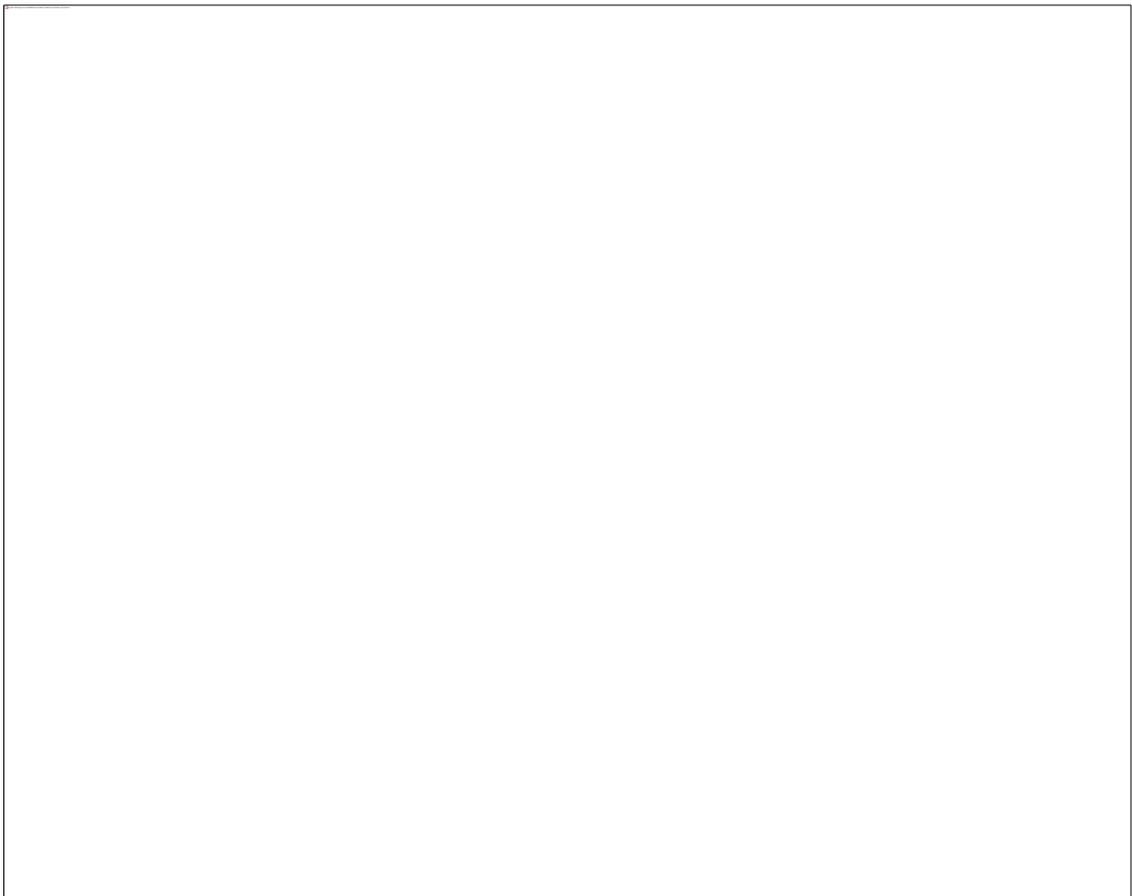
La automatización de un nuevo producto requiere de una inversión inicial grande en comparación con el costo unitario del producto, sin embargo mientras la producción se mantenga constante esta inversión se recuperara, dándole a la empresa una línea de producción con altos índice de ingresos.

#### **4.5 HMI (INTERFACE HUMANO-MÁQUINA)**

“HMI significa Interface Humano Máquina, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina”(Cobo, 2008, p. 1).

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 bastante más poderosos y eficaces, además de permitir una conexión más sencilla y económica con el proceso o máquinas.



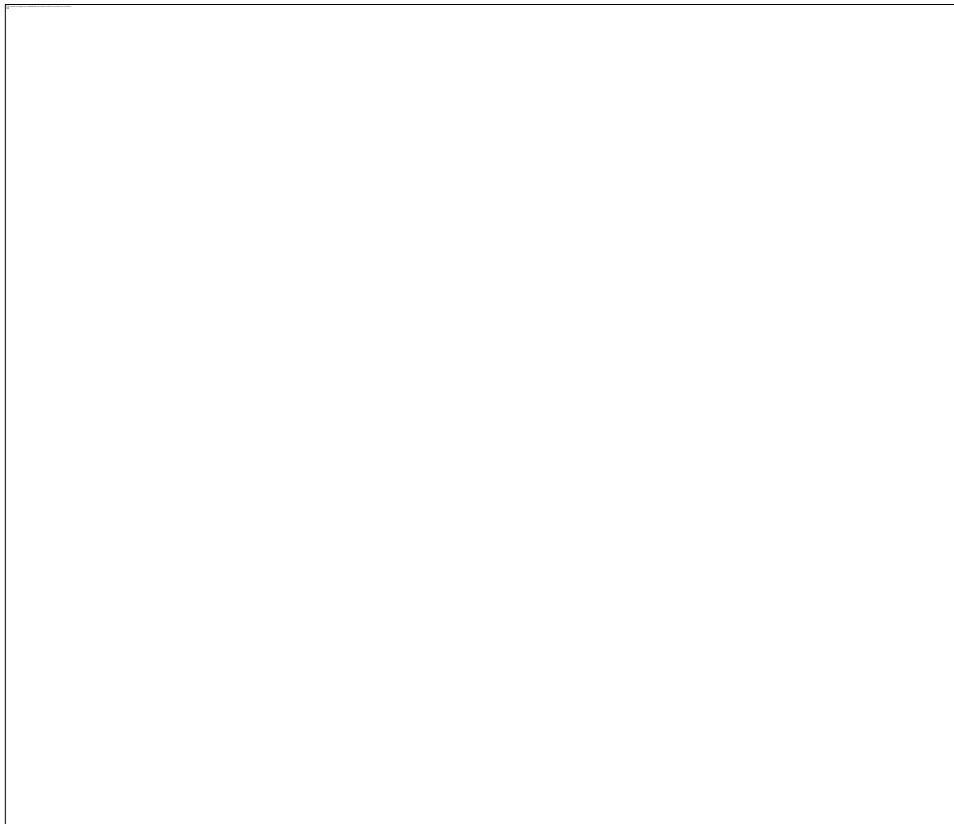
**Figura IV.2:** Ejemplo de HMI. Process Aquatics International

#### **4.5.1 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 (touchscreen).

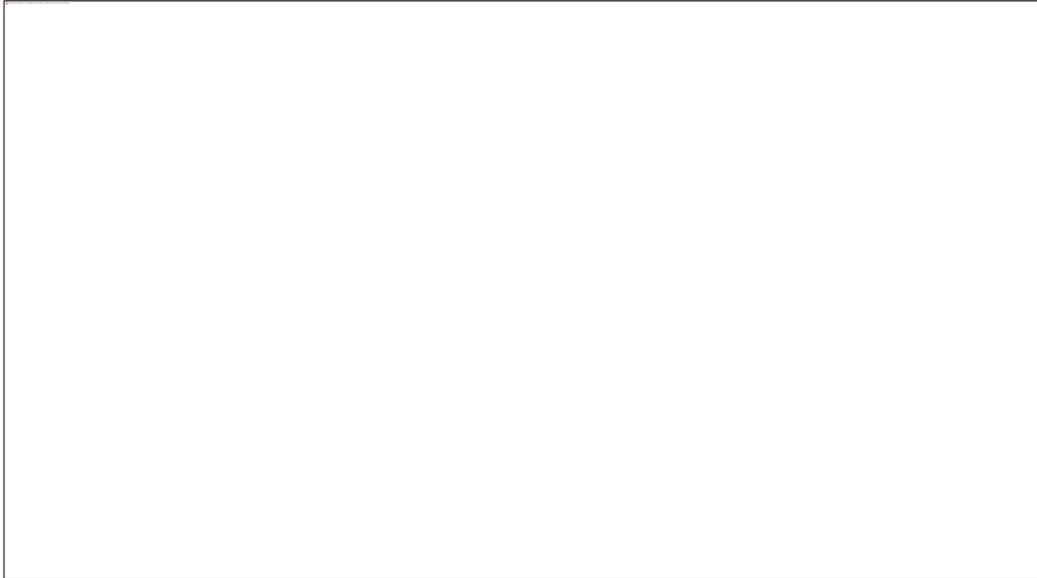


**Figura IV.3:** Ejemplo terminal del operador

### **PC + Software**

Esto 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 encontraremos muchas formas de hacer un PC, pasando por el tradicional PC de escritorio.



**Figura IV.4:** Ejemplo HMI software PC

#### **4.5.2 FUNCIONES DE UN SOFTWARE HMI**

- **Monitoreo:** Es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.
- **Supervisión:** Esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.

- **Alarmas:** Es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportar estos eventos. Las alarmas son reportadas basadas en límites de control preestablecidos.
- **Control:** Es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá de la supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.
- **Históricos:** Es la capacidad de muestrear y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

#### 4.5.3 TAREAS DE UN HMI<sup>2</sup>

Las principales tareas de un HMI son:

- Permitir una comunicación con dispositivos de campo.
- Actualizar una base de datos “dinámica” con las variables del proceso.
- Visualizar las variables mediante pantallas con objetos animados (mímicos).

---

<sup>2</sup> <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

- Permitir que el operador pueda enviar señales al proceso, mediante botones, controles ON/OFF, ajustes continuos con el mouse o teclado.
- Supervisar niveles de alarma y alertar/actuar en caso de que las variables excedan los límites normales.
- Almacenar los valores de las variables para análisis estadístico y/o control.
- Controlar en forma limitada ciertas variables de proceso.

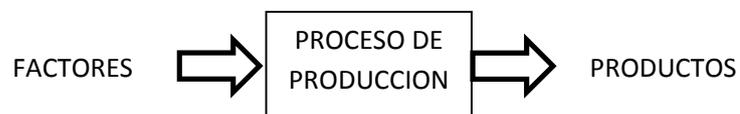
## CAPITULO V

### PROCESOS

#### 5.1 PROCESO

El Diccionario de la Real Academia Española (2006) dice que “Un proceso de producción es un sistema de acciones dinámicamente interrelacionadas orientado a la transformación de ciertos elementos (entradas), denominados factores, en ciertos elementos (salidas), denominados productos, con el objetivo primario de incrementar su valor”.

En la Figura VI.1 se observa claramente el diagrama de un proceso de producción en general.



**Figura V.1:** Gráfica general de un proceso de producción.

Los elementos esenciales de todo proceso productivo son:

- Los factores o recursos: en general, toda clase de bienes o servicios económicos empleados con fines productivos.
- Las acciones: ámbito en el que se combinan los factores en el marco de determinadas pautas operativas.
- Los resultados o productos: en general, todo bien o servicio obtenido de un proceso productivo.

## **5.2 TIPOS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN**

Los procesos de producción se los puede clasificar como se muestra en la Tabla V.1 y V.2, en la cual se puede observar claramente las principales características de cada uno de ellos.

## **5.3 OPTIMIZACIÓN**

El Diccionario de la Real Academia Española (2006) dice que optimización es la acción y efecto de optimizar. Este verbo hace referencia a buscar la mejor manera de realizar una actividad con el fin de obtener mayores beneficios.

En la optimización de un proceso lo que más interesa es determinar las condiciones de operación que permiten lograr objetivos tales como:

- Maximizar la tasa de producción.
- Minimizar la emisión de contaminantes.
- Minimizar el costo de operación.
- Minimizar la cantidad de energía.

TIPOS DE PRODUCCIÓN	CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN	FORMAS DE PRODUCCIÓN	CARACTERÍSTICAS DE PRODUCCIÓN	TIPO DE MAQUINARIA	MANO DE OBRA	OBSERVACIONES
<b>Continua</b>	Proceso automatizado y no hay etapa de montaje	Automatizada y continua	De gran calidad y a gran escala. Con valor agregado ESTANDAR	Compleja y automática	Poca mano de obra, Poco calificada	Proceso poco modificable y correctamente diseñado
<b>En serie</b>	Intermitente. Flexible	Automatizada piezas montadas o conformadas. Piezas similares	A gran escala Estándar, similares	Automática y compleja, multifunción y máquinas manuales	Calificada y especializada	Se realiza por montajes prediseñados
<b>Cadena en montaje</b>	Hay una sucesión ordenada de puestos de trabajo. Hay etapa de montaje	Automatizada, Las piezas se ensamblan	De gran calidad. A gran escala	Automática y compleja	Calificada y especializada	Se realizan mediante operaciones repetitivas
<b>Producción a pedido</b>	Solo se fabrica cuando esta el pedido del cliente	Debe ser según las especificaciones del cliente	De adaptarse a las necesidades del lugar y al uso que se le dará	Depende del pedido	Calificada y altamente especializada en diseño	Poco modificable
<b>Producción por proyecto</b>	Se producen objetos para una tarea específica	Secuencia de operaciones, obras civiles	Son únicos y se diseñan especialmente	Compleja automática. Interviene la mano de obra	Mano de obra especializada	No hay flujo de materiales ni fabricación de piezas en serie
<b>Producción artesanal</b>	En el mismo lugar se agrupan el usuario, el artesano, el mercader y el transporte	Manual, domiciliaria	Producto de gran calidad. Producción reducida	Casi nula	Abundante, altamente especializada	Fabricación manual

**Tabla V.I:** Procesos de producción existentes

Producción industrial	Precisa una estructura donde realizar la actividad necesaria para la producción	Gira en torno al resultado del proceso	De gran calidad, similares y agran escala	Más o menos compleja	Cualificada	
Producción semi-artesanal	Tipo artesanal, pero responde a los requerimientos de una producción industrial	En gran parte artesana, requiere mucho trabajo manual	Similares y de gran calidad	Específica. Máquinas herramientas	Especializada	Producción a mediana escala
Producción semi-industrial	Responde a una producción industrial. Tiene poco artesanal y muchas etapas mecanizadas	Semi automática no se modifica	Similares y a mediana escala	Se emplea una por cada operación	Poco calificada	Proyecto único. No se modifica hasta cambiar el producto
Experimental	Referida a la construcción de modelos para la experimentación	El diseño es informatizado. Producción automatizada, con acabado artesanal	Único y para experimentación e irreplicable	Herramientas manuales y máquinas de alta complejidad	Altamente especializada	El objeto se usa para experimentación o demostración
Informatizada	Se puede decir que es continua o semejante al arte	Es comandada mediante un sistema computarizado	Debe adaptarse a las necesidades del usuario	Compleja y automatizada	Calificada en CAD y CAM	La organización de la fabricación es altamente compleja

**Tabla V.II:** Procesos de producción existentes continuación

- maximizar la utilidad.
- minimizar el desperdicio.

De esta manera llegamos a la conclusión de que la optimización de procesos debe ajustar el flujo de tareas, entradas y salidas de manera que entregue la mejor calidad del producto, al menor costo y en el menor tiempo.

#### **5.4 MEJORAMIENTO CONTINUO**

Niebel (2006) menciona que el proceso de mejora continua es un concepto que pretende mejorar los productos, servicios y procesos.

Es una actitud general que debe ser la base para asegurar la estabilización del proceso y la posibilidad de mejora. Cuando hay crecimiento y desarrollo en una organización o comunidad, es necesaria la identificación de todos los procesos y el análisis mensurable de cada paso llevado a cabo. Algunas de las herramientas utilizadas incluyen las acciones correctivas, preventivas y el análisis de la satisfacción en los miembros o clientes. Se trata de la forma más efectiva de mejora de la calidad y la eficiencia en las organizaciones.

##### **5.4.1 Motivos para una mejora continua**

###### **El Cliente es el Rey**

Según Harrington (1987), "En el mercado de los compradores de hoy el cliente es el rey", es decir, que los clientes son las personas más importantes en el negocio y por lo tanto los

empleados deben trabajar en función de satisfacer las necesidades y deseos de éstos. Son parte fundamental del negocio, es decir, es la razón por la cual éste existe, por lo tanto merecen el mejor trato y toda la atención necesaria.

La razón por la cual los clientes prefieren productos del extranjero, es la actitud de los dirigentes empresariales ante los reclamos por errores que se comentan; ellos aceptan sus errores como algo muy normal y se disculpan ante el cliente, para ellos el cliente siempre tiene la razón.

### **El Proceso de Mejoramiento**

La búsqueda de la excelencia comprende un proceso que consiste en aceptar un nuevo reto cada día. Dicho proceso debe ser progresivo y continuo. Debe incorporar todas las actividades que se realicen en la empresa a todos los niveles.

El proceso de mejoramiento es un medio eficaz para desarrollar cambios positivos que van a permitir ahorrar dinero tanto para la empresa como para los clientes, ya que las fallas de calidad cuestan dinero.

Así mismo este proceso implica la inversión en nueva maquinaria y equipo de alta tecnología más eficientes, el mejoramiento de la calidad del servicio a los clientes, el aumento en los niveles de desempeño del recurso humano a través de la capacitación continua, y la inversión en investigación y desarrollo que permita a la empresa estar al día con las nuevas tecnologías.

### **Actividades Básicas de Mejoramiento**

De acuerdo a un estudio en los procesos de mejoramiento puestos en práctica en diversas compañías en Estados Unidos, Según Harrington (1987), existen diez actividades de mejoramiento que deberían formar parte de toda empresa, sea grande o pequeña:

1. Obtener el compromiso de la alta dirección.
2. Establecer un consejo directivo de mejoramiento.
3. Conseguir la participación total de la administración.
4. Asegurar la participación en equipos de los empleados.
5. Conseguir la participación individual.
6. Establecer equipos de mejoramiento de los sistemas (equipos de control de los procesos).
7. Desarrollar actividades con la participación de los proveedores.
8. Establecer actividades que aseguren la calidad de los sistemas.
9. Desarrollar e implantar planes de mejoramiento a corto plazo y una estrategia de mejoramiento a largo plazo.
10. Establecer un sistema de reconocimientos.

### **5.5 MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN**

Chase (2005) dice que al hablar de mejoramiento de la producción estamos hablando de las formas, métodos y actividades utilizadas para mejorar la cantidad y calidad de los productos elaborados o producidos.

### **5.5.1 Herramientas para el mejoramiento de la producción**

#### **El puesto de trabajo: Las 5S**

Para comenzar con un proceso claro de mejoramiento de la producción se lodebe hacer mediante la utilización del método de las 5S en cada lugar o puestode trabajo; para poder llevar desde el comienzo una producción de calidad.Para ello hay que seguir los siguientes pasos o consejos:

- Orden y limpieza para producir mejor.
- Un programa 5S.
- Estandarización del trabajo.
- Proceso de mejora.

#### **Disponibilidad de los equipos: Gestión del mantenimiento y preparaciónde máquinas**

La disponibilidad de los equipos es la basa principal del mejoramiento de laproducción ya que de ellos depende el ritmo para producir tal o cual producto;de la misma manera el mantenimiento de dichos equipos es de sumaimportancia para evitar un paro no deseado en la producción.Ciertos parámetros a tomar en cuenta son los siguientes:

- Gestión del mantenimiento, evaluación y programación.
- Métodos de cambios rápidos y su análisis.
- Análisis de riesgo.
- Plazos de entrega.

### **Calidad en los materiales: Proceso de recepción de materiales**

La base de todo proceso de producción es la materia prima, para cual se debetener una selección excelente de la calidad de la materia prima a utilizar en elproceso. Características a tomar en cuenta:

- Recepción de materias primas y semi-elaboradas.
- Métodos de muestreo para garantizar la calidad de entrada y salida.
- Gestión de la no-conformidad.

### **Calidad en la fabricación: Gráficos de control y capacidad de procesos**

La calidad es el parámetro fundamental que se debe tener en cuenta en todos los procesos de elaboración del producto, ya que en ella se basa el prestigio, surgimiento y desarrollo de la empresa. Para ello hay que tener en cuenta losiguiente:

- Sistemas de medición del cumplimiento de especificaciones.
- Análisis técnico de la capacidad de un proceso.
- Análisis de raíz de problemas.

### **Medición: Indicadores básicos de gestión de centros de trabajo**

La medición es fundamental al momento de cuantificar y cualificar la calidad y la cantidad de la producción, ya que en los resultados de la medición nos basamos para realizar el proceso de mejoramiento continuo. Para ello se debetener en cuenta lo siguiente:

- Indicadores de rendimiento, disponibilidad y calidad.
- Medidas de coste y varianza.

## **CAPITULO VI**

### **DISEÑO**

#### **6.1 INTRODUCCION**

La automatización nació con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar acabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos y para controlar las operaciones de una forma más rápida, secuencial y segura.

La automatización para la industria, es usar tecnología que integre un proceso de control a través de dispositivos capaces de tomar decisiones e interactuar con otros, basándose en un programa establecido por el integrador para el manejo de algunas variables, mediante su monitoreo y comparación con un valor esperado del proceso; esto se realiza de manera automática, generando en el sistema mayor productividad, confiabilidad, estabilidad y calidad en sus resultados.

Un proyecto de automatización se inicia cuando una empresa identifica una oportunidad de mejora dentro de sus procesos productivos susceptibles de ser automatizados. Tal

oportunidad puede ser un incremento en la producción, el perfeccionamiento en los atributos y cualidades de alguna línea de productos para enfrentar la competencia de otros proveedores o lo más común, mantener la fabricación y calidad dentro de las normas actuales pero disminuyendo los costos totales asociados a la producción.

Por lo tanto, antes de iniciar una automatización es importante tener en cuenta que:

- Las organizaciones son complejas y realizan diversas funciones que están relacionadas entre sí, que sus necesidades de manejo de información cambian y crecen, y que además del manejo operativo de la información hay una necesidad de contar con un acceso global que permita una mejor toma de decisiones.
- La tecnología es muy cambiante, cada vez hay mayor variedad de equipos y sistemas más poderosos de costos diversos, lo que complica la selección de la tecnología adecuada.
- El diseño, la programación y la operación de los sistemas requieren en la mayoría de los casos de especialistas.

## **6.2 METODOLOGÍA**

Por todo lo antes mencionado, si se pretende que una automatización no solamente cause una mejora de la producción, sino que además resulte una inversión rentable en cuanto a la adquisición de una tecnología adecuada, es necesario contar con una metodología para llevar a cabo dicha automatización.

Los pasos por seguir para aplicar la metodología de esta propuesta son:

1. Identificación de los procesos a mejorar.
2. Identificación de los equipos y elementos involucrados en la automatización.
3. Selección de los equipos y elementos adecuados para el proceso.
4. Codificación de los equipos y elementos para facilitar la programación del PLC.
5. Programación del PLC.
6. Programación del NI OPC SERVER.
7. Programación del HMI en LABVIEW.
8. Implementación de los elementos y equipos de control.
9. Funcionamiento del control y monitoreo.

### **6.2.1 Identificación del proceso a mejorar**

Tras el análisis realizado en el capítulo II de la situación actual de la empresa en cuanto al proceso de envasado se concluye que es necesaria una mejoría en esta etapa de la producción de yogurt, puesto que se ha convertido en un cuello de botella, a continuación se detalla los problemas hallados:

- Número de empleados que realizan el proceso de envasado.
- Tiempo que se tarda en envasar el yogurt.
- Esfuerzo físico del o los empleados para sellar el envase.
- Derrame y/o desperdicio de producto durante el envasado.
- Cantidad justa de producto envasado.
- Contabilización y registro de productos envasados.

### **6.2.2 Identificación de los equipos involucrados en la automatización**

El control automático de envasado de yogurt que se va a diseñar tomando en cuenta dos partes, una parte que es la automatización del envasado en el proceso de producción de yogurt, y la otra el monitoreo del mismo. En este proceso de automatización se controlaran y monitorean cada uno de los siguientes equipos y elementos involucrados:

- Pulsador de inicio del envasado automático.
- Pulsador de paro del funcionamiento automático.
- Pulsador de paro de emergencia.
- Selector de funcionamiento manual o automático del envasador.
- Pulsador de encendido manual de electroválvula de yogurt.
- Pulsador de encendido manual de dosificación de tapa.
- Pulsador de encendido manual de sellado.
- Sensor óptico 1.
- Sensor óptico 2.
- Sensor óptico 3.
- Sensor de nivel.
- Sensor magnético A1.
- Sensor magnético A2.
- Sensor magnético A3.
- Sensor magnético B1.
- Sensor de peso.

- Motor Banda transportadora.
- Electroválvula yogurt.
- Válvula neumática con solenoide A.
- Válvula neumática con solenoide B.
- Luz indicadora de inicio.
- Luz indicadora de paro.
- Luz indicadora de funcionamiento manual.
- Luz indicadora de funcionamiento automático.
- Luz indicadora de nivel bajo de yogurt.

### **6.2.3 Selección de los equipos y elementos adecuados para el proceso**

Teniendo ya el conocimiento de los elementos y equipos que van a intervenir en la automatización y monitoreo, se procede a seleccionar dichos elementos y equipos de acuerdo a las características del procesos de producción de yogurt.

Es importante mencionar que al ser un control automático de envasado que no se había implementado antes, la empresa no posee los equipos que intervienen en el diseño. Es así que se procede con la selección de los elementos más idóneos para trabajar en un ambiente alimenticio de producción de yogurt.

Los elementos necesarios para el diseño del control automático de envasado son los siguientes:

**Pulsadores:**

Tomando en cuenta que se va a necesitar realizar el arranque del proceso de envasado automático es necesaria la utilización de un pulsador de arranque industrial. Se selecciona el pulsador rasante color verde de 22 mm normalmente abierto XB4BA31 marca SCHNEIDER que se muestra en la ilustración Figura VI.1, debido a su gran robustez en usos industriales.



**Figura VI.1:** Pulsador rasante NA

De la misma manera es necesaria la utilización de un pulsador de paro, que detenga el proceso automático que se encuentre en funcionamiento; para lo que se ha seleccionado el pulsador rasante color rojo de 22 mm normalmente cerrado XB4BA42 marca SCHNEIDER que se muestra en la Figura VI.2. Tomando en cuenta que este pulsador va a detener el funcionamiento tras terminar el proceso en curso.



**Figura VI.2:** Pulsador rasante NC

Dentro del equipo eléctrico de las máquinas, a la vez que son precisos elementos para la puesta en marcha de las mismas (condición principal para la que son concebidas), deben disponer de elementos que permitan su parada en un momento determinado. Esta parada puede producirse en condiciones normales de funcionamiento una vez finalizado el trabajo o una maniobra y en condiciones anormales de funcionamiento cuando aparece una situación de peligro (emergencia) tanto para el operario como para la máquina.

Es por esto que se decide el uso de un pulsador de paro de emergencia XB7ES542P marca SCHNEIDER ilustrado en la Figura VI.3



**Figura VI.3:** Pulsador paro de emergencia

**Luces Piloto:**

Estas luces se van a colocar en el tablero de control para indicar si el funcionamiento del envasado se encuentra de manera manual o de manera automática, de la misma manera indicará que el proceso de envasado automático se encuentra parado o en marcha. Además existirá un luz piloto que indique la alarma correspondiente, de tal manera que sea

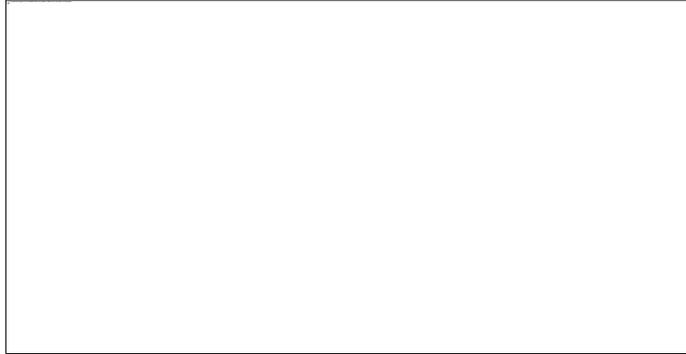
fácil darse cuenta cuando el proceso de envasado se lo está realizando de una manera adecuada.

Para las luces de mando se han seleccionado luces piloto color verde de 22mm con una alimentación de 24 voltios de corriente directa XB7EV03BP marca SCHNEIDER, como se muestra en la Figura VI.4. Se selecciona este tipo de luz piloto debido a su resistencia en usos industriales, y tomado muy en cuenta el color verde como luces de mando o indicación de funcionamiento de algún equipo o proceso.



**Figura VI.4:**Luz piloto verde

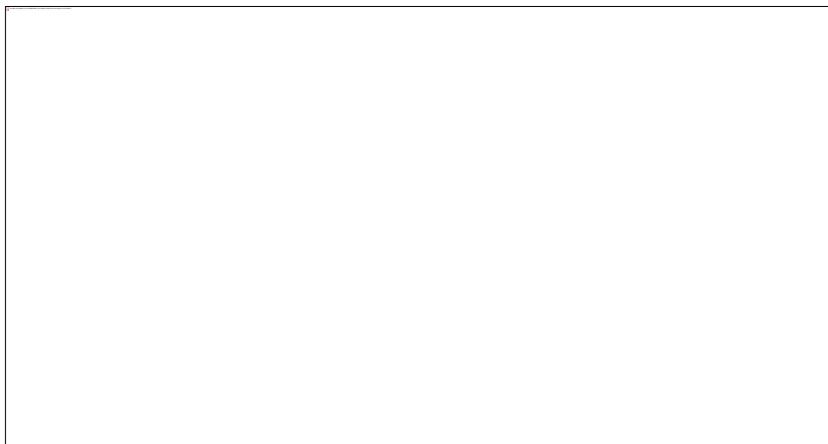
Para identificar la presencia de una alarma o paro del proceso se ha tomado muy en cuenta el color que identifica todo tipo de alarma o peligro seleccionando de esta manera las luces piloto color rojo de 22mm con una alimentación de 24 voltios de corriente directa XB7EV04BP marca SCHNEIDER, como se muestra en la Figura VI.5.



**Figura VI.5:**Luz piloto roja

**Selectores:**

Tomando en cuenta la necesidad imperiosa de controlar ciertos equipos de forma manual, se ha pensado en la utilización de un selector, el cual nos permitirá pasar de un funcionamiento automático a manual y viceversa. Es por esto que se ha decidido utilizar el selector de dos posiciones modelo XB7ED21 marca SCHNEIDER como se muestra en la Figura VI.6.



**Figura VI.6:** Selector de dos posiciones con iluminación

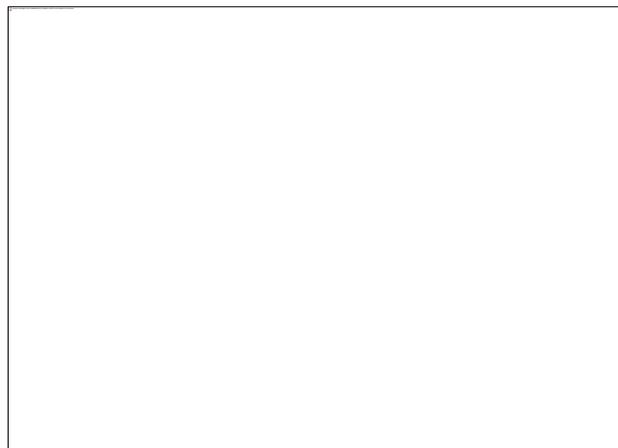
Al utilizar selectores de la marca SCHNEIDER estamos obteniendo los siguientes beneficios:

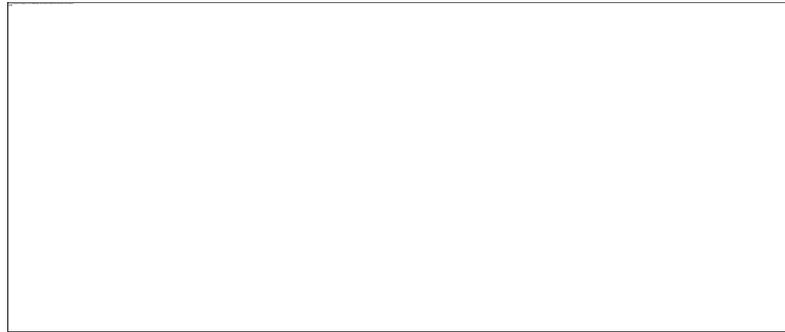
- Robustez de los elementos.
- Apariencia estética muy buena.
- Cumplimiento de normas internacionales.
- Durabilidad.
- Seguridad de conmutación.

### **Interruptores de Nivel:**

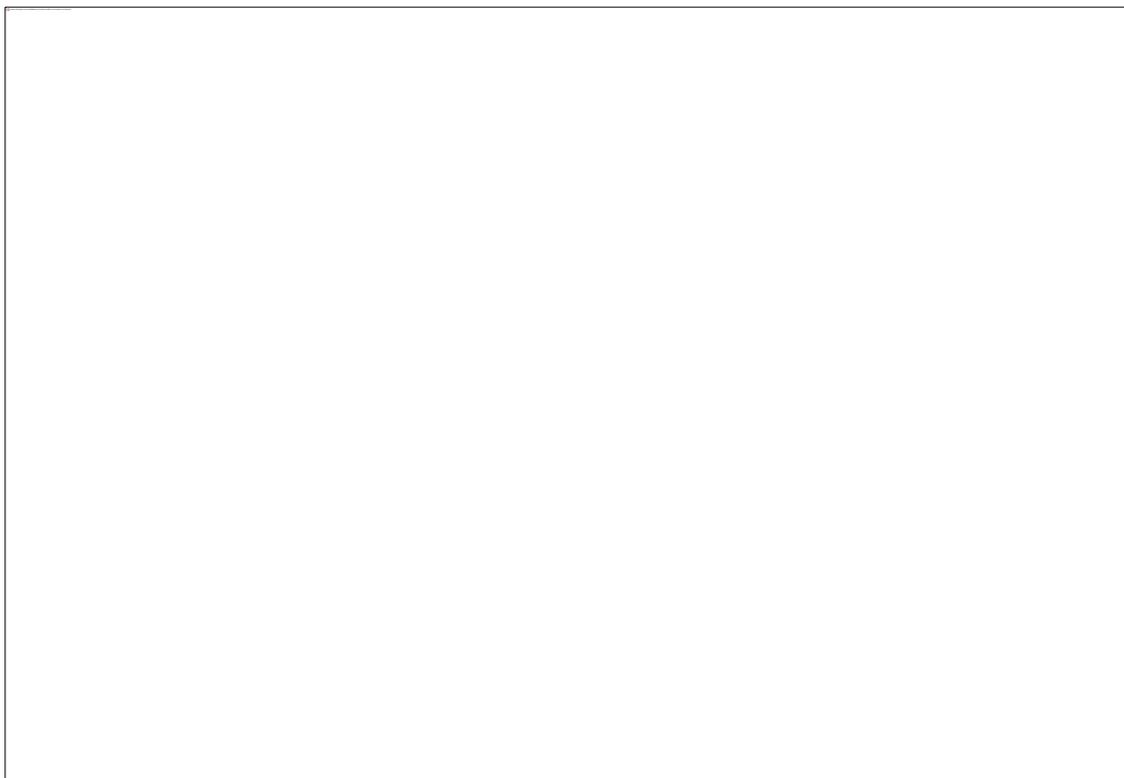
Tomando en cuenta que el proceso de envasado de yogurt posee un toldo de mezcla con una capacidad de 520 litros, se ha decidido implementar un control denivel mediante un interruptor,el cual determinará si la cantidad en el toldo es mínima.

Es así que con lo anteriormente nombrado se ha seleccionado el interruptor denivel que más se adecua al proceso; por tal motivo se ha decidido utilizarun interruptor de nivel de un solo punto electromagnético y de montaje lateral, comose muestra en la Figura VI.7. Este tipo de interruptores van ir montados en la partelateral del toldo de mezcla a una altura adecuada para que se realice el control másóptimo.





**Figura VI.7:** Interruptor de nivel electromagnético de montaje lateral



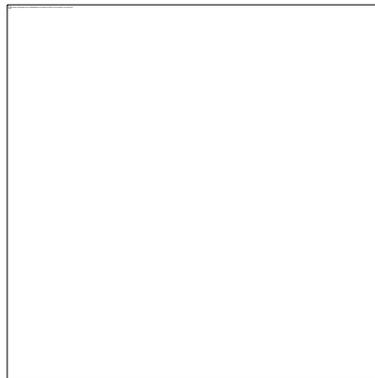
**Tabla VI.I:** Características de los interruptores de nivel

La selección de este tipo de interruptores se ha dado debido al cumplimiento de los siguientes criterios, los cuales se pueden sustentar mediante la Tabla VI.1.

- Son interruptores de uso alimenticio, es decir que no existe la posibilidad de contaminación del producto.
- Se adaptan fácilmente a las paredes del toldo de mezcla de 520 litros.
- Se acoplan a la temperatura del yogurt.
- Se adapta con facilidad debido a su pequeño tamaño.

### **Sensor de óptico:**

Para la etapa de llenado del envase es necesario asegurar la posición del envase para evitar el derrame y desperdicio del producto, así mismo para la etapa de dosificación y sellado de tapas, donde el envase debe estar en la posición correcta para ser sellado bajo presión del cilindro actuador es por esto que se decide usar tres sensores ópticos los cuales determinaran la posición correcta del envase evitando problema alguno.



**Figura VI.8:** Sensor óptico

Se ha decidido usar este sensor ultrasónico por las siguientes características:

- Estilo: cilindro, diámetro: 12 mm. (tipo de barrera y el tipo difuso de reflexión).
- DC 3 hilos, con o sin conexión por enchufe conector.

- Recursos de luz: LED infrarrojo
- Fuerte anti-choque y anti-vibración.
- Sin contacto del objeto a detectar: evita que el sensor fotoeléctrico deba ponerse en contacto con el objeto directamente, protege el componente inductor de daños y extiende la vida de operación del sensor.
- Detectar cualquier objeto con diferentes materiales: detectar objetos por las cantidades de luz reflejada y recibida, detectar objetos tales como vidrio, metal, plástico, madera, fluidos, etc.
- Larga distancia de detección: de barrera: 3m / difusa de reflexión: 10 cm
- Rápida respuesta: de barrera: <5 ms / difusos-reflectante: <3 ms
- Identificar los colores de los objetos: de acuerdo con la reflectividad y la capacidad de absorción de los colores, los sensores detectan la luz que el objeto refleja e identificar los colores.
- Alta precisión: Circuito electrónico preciso, puede detectar objetos pequeños con la posición exacta.

### **Sensor de peso:**

En la sección de dosificación y/o llenado de yogurt, es necesario el uso de un sensor de peso o celda de carga con la capacidad de determinar la masa del volumen que está siendo envasado; cabe mencionar que la posición de dicho sensor estará alineada con la válvula de dosificado ubicado por debajo de la banda transportadora.

Actualmente la empresa cuenta con cuatro diferentes presentaciones de envase y con el valor de la densidad del yogurt entero se pudo determinar la masa de cada presentación como se muestra en la Tabla VI.2, de esta manera se podrá determinar la cantidad exacta de yogurt a ser envasado en cada presentación.

Presentación	Densidad <sup>3</sup>	Masa
200 ml	1.1 g/ml	220 g
1000 ml	1.1 g/ml	1100 g
2000 ml	1.1 g/ml	2200 g
4000 ml	1.1 g/ml	4400 g

**Tabla VI.II:** Pesos de cada presentación

Es por todo lo anterior mente nombrado que se decide usar una celda de carga Tede-Huntleigh Model 1022 es una celda de carga de bajo perfil diseñado para montaje directo en plataformas de pesaje de bajo costo. Su pequeño tamaño físico, combinado con una alta precisión construcción de aluminio. El uso de células de carga 1022 simplifica la construcción, lo que se traduce en de ahorro de mano de obra. Disponible en una amplia gama de capacidades, desde 3 a 200 kg. Además de protección ambiental IP66.

---

<sup>3</sup> <http://fichatecnicadelyogurth.blogspot.com/>



**Figura VI.9:**Celda de carga

**Sensor magnético:**

Los sensores cilíndricos magnéticos se utilizan principalmente para vigilar la posición del pistón en cilindros y manipuladores. El sensor detecta el campo del imán integrado en el pistón a través de la pared del actuador.

Gracias a la detección de posición sin contacto, los sensores cilíndricos magnéticos funcionan de forma fiable y libre de desgaste, no se produce ninguna quemadura por roce, rebote o adhesión y solo hay un punto de actuación. La posición del pistón se detecta de forma fiable también a altas velocidades de desplazamiento.

Es por esto que se ha decidido utilizar 3 sensores para determinar la posición del pistón del cilindro Asegún la altura del envase y poder sellarlo correctamente, así mismo para controlar el funcionamiento del cilindro compacto B.



**Figura VI.10:**Sensor magnético

**Electroválvula de Yogurt:**

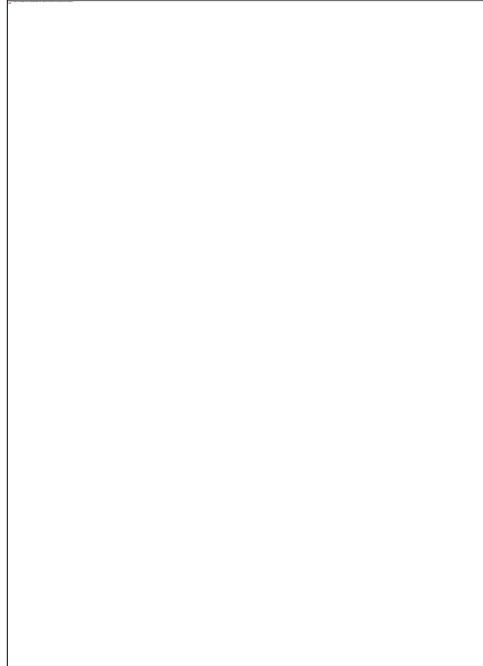
Para el control automático del envasado es sumamente necesaria la utilización de una electroválvula, la cual permitirá o no el flujo de yogurt para ser envasado. Para la selección de esta electroválvula se debe tener muy en cuenta los siguientes criterios que demanda el proceso:

- El fluido a controlar es yogurt, por lo tanto hay que seleccionar una electroválvula que no contamine el producto.
- Las presiones a las cuales circula la leche fluctúan entre 40 y 50 psi.
- La temperatura del yogurt que estas electroválvulas van a controlar están entre 4 y 20°C.
- Las cañerías en las cuales estas electroválvulas van a ser acopladas son de acero inoxidable de 1 ½”.
- El voltaje de funcionamiento debe ser de 110 VAC.
- Deben ser electroválvulas normalmente cerradas, que cuando se les aplique voltaje dejen pasar el yogurt.

Teniendo muy en cuenta los criterios anteriormente nombrados se ha decidido utilizarla electroválvula de bola en acero inoxidable AKE168E, que se muestra en la Figura VI.11.

Esta electroválvula es de procedencia alemana, y es de lo mejor que existe en el mercado, destacando así sus principales características, las cuales cumplen con los requerimientos del proceso de producción de yogurt.

- Fabricada en acero inoxidable, la hace idónea para trabajar con productos alimenticios.
- Posee un accionamiento eléctrico de unidad rotatoria.
- La temperatura de trabajo está entre -20 y 180°C dependiendo de la presión, y tomando en cuenta que el actuador eléctrico solo soporta una temperatura de hasta 50°C.
- Soporta y maneja presiones de hasta los 220 psi.
- Existen en una gran variedad de tamaños, desde la ½" hasta las 12".
- Los voltajes de funcionamiento están en 85-240 V AC.



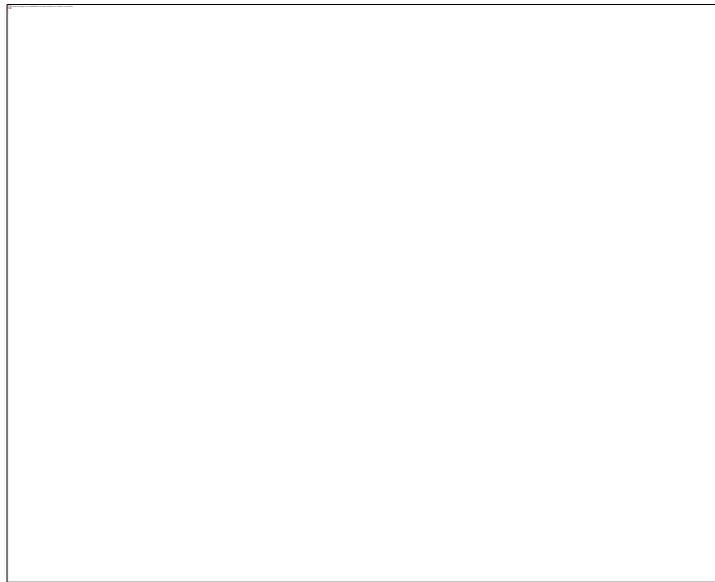
**Figura VI.11:** Electroválvula de bola en acero inoxidable AKE168E

**Electroválvula neumática:**

La extensión de la automatización de forma sencilla en cuanto a mecanismo, y además a bajo coste, se ha logrado utilizando técnicas relacionadas con la neumática, la cual se basa en la utilización del aire comprimido, y es empleada en la mayor parte de las máquinas modernas.

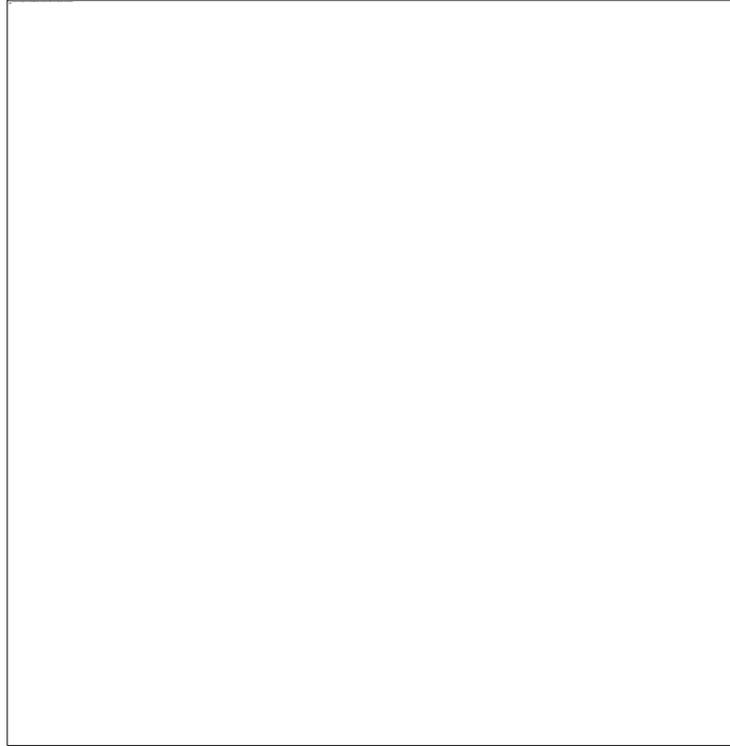
La automatización industrial, a través de componentes neumáticos, es una de las soluciones más sencillas, rentables y con mayor futuro de aplicación en la industria. El aire comprimido es la mayor fuente de potencia en la industria con múltiples ventajas. Es segura, económica, fácil de transmitir, y adaptable. Su aplicación es muy amplia para un gran número de industrias. Algunas aplicaciones son prácticamente imposibles con otros medios energéticos.

Es por todo esto que para el control automático de la sección de dispensado y sellado de tapas, se ha decidido usar un sistema neumático y para esto necesaria la utilización de dos electroválvulas neumáticas que comandaran el actuador respectivo en este caso un cilindro neumático de simple efecto, para dicho control se ha decidido usar la electroválvula AIRTAC 3V1 que cumple con las siguientes características.



**Figura VI.12:**Electroválvula neumática AIRTAC

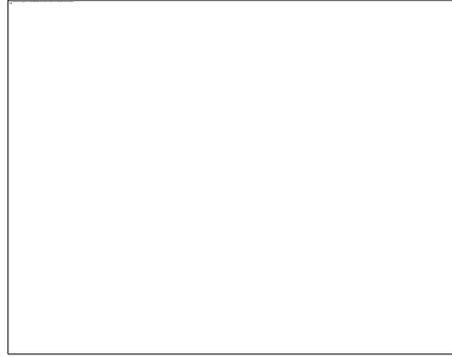
- El tipo de acción directa y normalmente el modo cerrado, flexible en el cambio de dirección.
- No hace falta agregar el petróleo de lubricación.
- Las válvulas se pueden instalar integralmente para ahorrar el espacio de instalación.
- Los dispositivos manuales afiliados están equipados para facilitar la instalación y la depuración.
- Varios grados del voltaje estándar son opcionales.



**Tabla VI.III:** Características técnicas Electroválvula Neumática AIRTAC

**Cilindro neumático:**

Al tratar de minimizar la carga laboral ejercida por el empleado y puesto que la fuerza neumática puede realizar muchas funciones mejor y más rápidamente, de forma más regular y sobre todo durante más tiempo sin sufrir los efectos de la fatiga, se decidió optar por un dispensador de tapas que será controlado por un cilindro neumático, es por esto que se decide usar un cilindro compacto AIRTACSERIE SSAS - SIMPLE EFECTO ilustrado en la Figura VI.13.



**Figura VI.13:** Cilindro compacto neumático AIRTAC

Como se había mencionado en el capítulo II, el sellado es realizado manualmente por el trabajador empleando la fuerza física de su mano, es por eso que se determinó la necesidad de colocar un cilindro neumático en esta sección para ejercer la misma y/o mayor presión que el empleado para sellar el envase correctamente, es por esto que se decide usar un cilindro AIRTAC – M de simple efecto con las siguientes características:



**Figura VI.14:** Cilindro neumático AIRTAC

- Cilindros de simple efecto regreso por resorte
- Camisa en acero inoxidable
- No requieren lubricación
- Anillo magnético Standard

### **Banda transportadora<sup>4</sup>&Motor:**

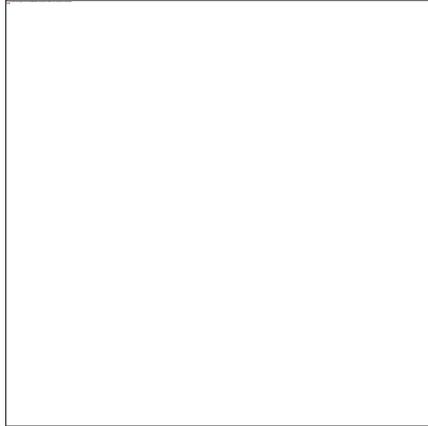
Para el desplazamiento de los envases a través de cada etapa del proceso automático se consideró necesario el uso de una banda transportadora pues presenta las siguientes ventajas:

- Diseño higiénico: fácil de limpiar.
- En su mayoría, construidas con componentes de acero inoxidable T304.
- Los componentes de accionamiento se encuentran a un lado del flujo de producto.
- Diseños de perfil estándar que se adaptan a diferentes aplicaciones.
- Diseños modulares con componentes estándar prefabricados.
- Fácil de instalar.

Para el funcionamiento de la banda transportadora es necesario el uso de un motor el cual proporciona el movimiento requerido para su desplazamiento considerando el peso de los envases, por esta razón se consideró un motor trifásico de ¼ HP mostrado en la siguiente figura.

---

<sup>4</sup><http://www.key-technology.com.mx/productos/banda-transportadora/default.html>



**Figura VI.15:** Motor trifásico ¼ HP

### **Variador de Velocidad:**

Al tratarse de un proceso automático la intervención del operador se ve reducida de tal manera se debe incorporar elementos que nos ayuden con el control del mismo, el uso de un variador para controlar la velocidad del motor antes nombrado es necesario pues al comparar con otros métodos de control de velocidad como motorreductores se encontró las siguientes desventajas<sup>5</sup>:

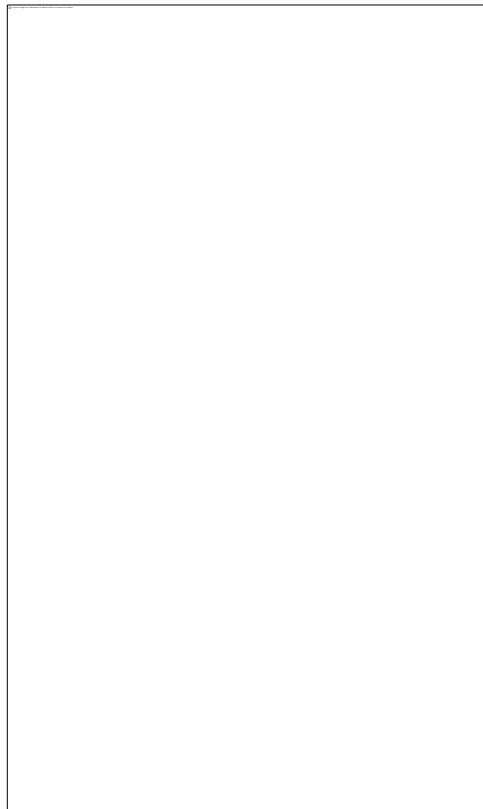
- Costo elevado
- Ruido durante el funcionamiento
- Requieren mantenimiento: control y cambio del lubricante.
- Mayor tamaño.
- Alto desgaste interno por fricción.
- Problemas térmico (requiere de ventiladores y disipadores de calor)
- Poca fiabilidad después de reparados.

---

<sup>5</sup> <http://em.upc.edu/docencia/estudis-de-grau/etseib/TFTM/quadern-de-treball/versio-castellana/leccion-3/>  
<http://www.scribd.com/doc/58519466/Reductores-1>

- Limitaciones en velocidades de entrada.
- Reparaciones y componentes especiales.

Considerando esto se selecciono un variador de velocidad marca SCHNEIDER modelo ALTIVAR 12 ilustrado a continuación con las siguientes características:



**Figura VI.16:** Variador de velocidad ALTIVAR 12

#### **Características Eléctricas**

- 4 entradas lógicas programables a 24 V (LI1, LI2, LI3 y LI4)
- 1 entrada analógica de tensión o corriente configurable (AI1)

- 1 salida tipo relé, programable, 1 contacto NA y 1 contacto NC, (R1A, R1B, R1C) en carga inductiva ( $\cos \phi = 0,4$ ) 2 A a 250 V
- 1 salida analógica de tensión o corriente configurable (AO1)
- 1 salida lógica de 24 V programable (LO1)
- Puerto de comunicación, protocolo Modbus

### **Funciones Especiales**

- Regulador PID
- Supervisión de las entradas y salidas lógicas
- Recuperación al vuelo
- Perfil de control del motor
- Marcha paso a paso (Jog)
- Control en modo mono-Joker con o sin bomba auxiliar
- Dormir / despertar
- Detección de caudal nulo
- 8 velocidades preseleccionadas

### **Principales Protecciones**

- Térmica del variador.
- Térmica del motor.
- Detección de subcarga
- Detección de sobrecarga

- Pérdida de fase de salida.
- Pérdida de fase de entrada
- Pérdida de la señal 4-20 mA
- Subtensión
- Pérdida de comunicación Modbus

### **PLC<sup>6</sup>:**

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado por el usuario y se utiliza en la industria para resolver problemas de secuencias en la maquinaria o procesos, ahorrando costos en mantenimiento y aumentando la confiabilidad de los equipos.

Anteriormente se utilizaban los sistemas de contactores pero presentaban demasiadas desventajas, eran utilizados para un proceso específico, por lo tanto su función era única. Pensar en cambiar el proceso era un caos y el cambio requería volver a obtener la lógica de control y para obtenerla se tenía que realizar un análisis matemático. También había que modificar el cableado de los contactores y en algunos casos incluso era necesario volver a hacer la instalación del sistema.

El PLC es un sistema de microprocesador; en otras palabras una computadora de tipo industrial. Tiene una Unidad central de procesamiento mejor conocido como CPU,

---

<sup>6</sup> <http://www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html>

interfaces de comunicación, y puertos de salida y entrada de tipo digital o análogo, etc., y estas son solo algunas de sus características más sobresalientes.

A continuación se presentan las ventajas más importantes que ofrece un PLC:

- Ofrecen las mismas ventajas sobre la lógica cableada, principalmente por su variedad de modelos existentes.
- Menor tiempo empleado en su elaboración.
- Mínimo espacio de aplicación.
- Menor costo.
- Mantenimiento económico por tiempos de paro reducidos.

Las funciones básicas de un PLC son las siguientes:

#### Detección

El PLC detecta señales del proceso de diferentes tipos.

#### Mando

Elabora y envía acciones al sistema según el programa que tenga.

#### Dialogo hombre maquina

Recibe configuraciones y da reportes al operador de producción o supervisores.

#### Programación

El programa que utiliza permite modificarlo, incluso por el operador, cuando se encuentra autorizado.

Por todo esto es evidente que por medio de la implementación de un sistema de control usando un PLC es posible hacer automático prácticamente cualquier proceso, mejorar la eficiencia y confiabilidad de la maquinaria, y lo más importante bajar los costos.

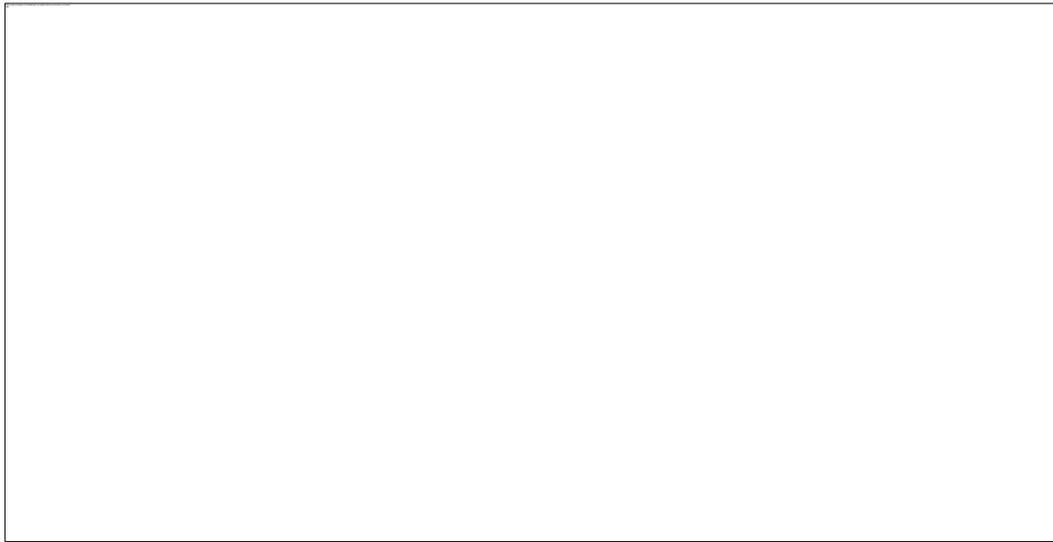
Para tener un control y monitoreo automático del proceso de envasado de yogurt necesario seleccionar el PLC que mejor se adapte con los requerimientos del proceso. Es así que en la selección del PLC se ha tomado en cuenta los siguientes factores:

- Tipo y cantidad de entradas.
- Tipo y cantidad de salidas.
- La capacidad de la memoria del procesador.
- Tipo de comunicación.

Para la automatización y monitoreo de acuerdo a la lista de equipos y elementos anteriormente identificados en el literal 6.1.2, y tomando en cuenta los factores de selección se necesita un PLC con:

- 14 entradas digitales.
- 1 entrada analógica.
- 9 salidas digitales.
- Comunicación OPC que permita el enlace con LABVIEW.

Teniendo ya la cantidad de entradas, salidas y comunicación necesaria se decide utilizar un PLC marca SIEMENS S7 1200 CPU 1214C, el cual cumple con las características del proceso a controlar y lo podemos observar en la Figura VI.17.



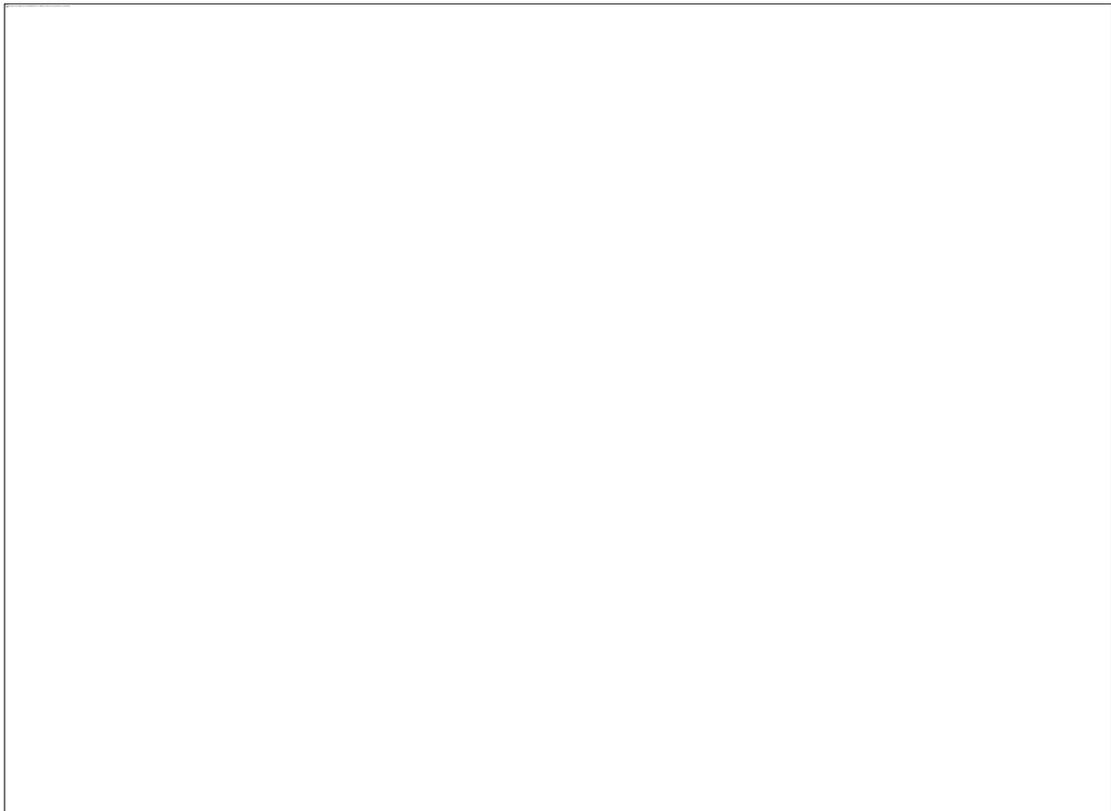
**Figura VI.17:** PLC SIEMENS S7 1200

El controlador S7-1200 ofrece la flexibilidad y potencia necesarias para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es ideal para controlar una gran variedad de aplicaciones.

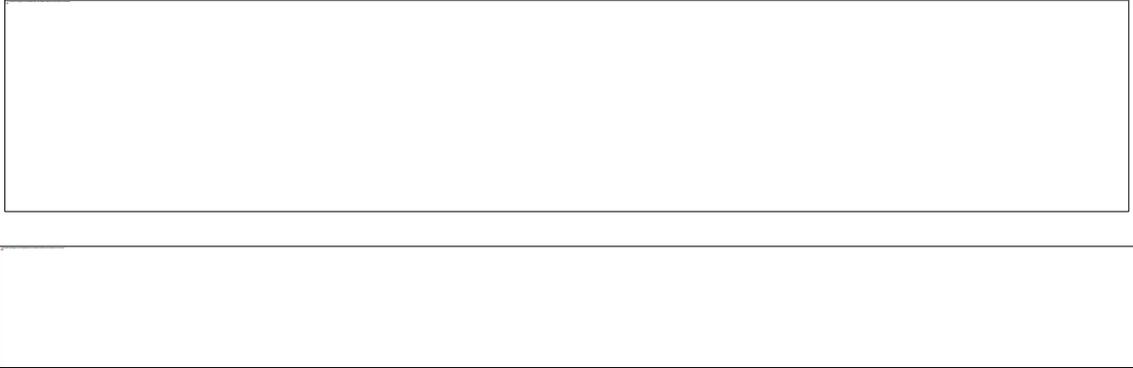
La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el 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. Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS232. A continuación se muestra una tabla de comparación con los modelos de CPU existentes del PLC-S7 1200

A large empty rectangular box with a thin black border, intended for a comparison table of CPU models.

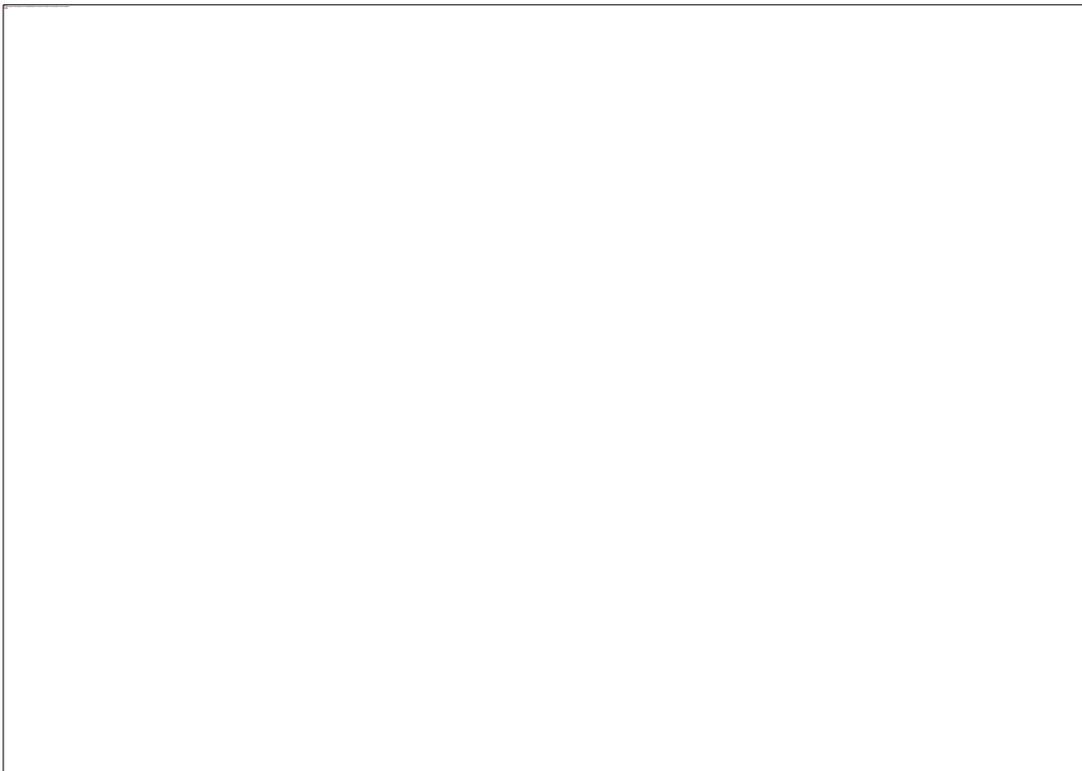
**Tabla VI.IV:** Comparación de los modelos de CPU parte 1



**Tabla VI.V:** Comparación de los modelos de CPU parte 2

### **Capacidad de expansión de la CPU**

La familia S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación.



**Figura VI.18:** Módulos de ampliación

### 6.2.4 Codificación de los equipos y elementos para la programación del PLC

Para la programación del PLC es necesario identificar claramente los elementos que van a actuar en las entradas y los elementos que van a ser controlados en las salidas. Con el fin de facilitar la programación del PLC se ha designado a cada elemento de entrada y salida una dirección específica, logrando de esta manera organizar la programación y ahorrar tiempo en ella.

Cabe mencionar que las entradas llevan como dirección %I, la entrada analógica %IW, la entrada tipo byte %IB, las salidas %Q, y las memorias %M

Variables PLC							
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección ▲	Rema...	Visibl...	Acces...
1	inicio	Tabla de variabl...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	paro	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	paro emergencia	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	EVMF	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5	EVNMTF	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
6	EVNMF	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
7	SN	Tabla de variables e..	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8	Tag_12	Tabla de variables e..	Byte	%IB1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9	SP	Tabla de variables e..	Int	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	MOTOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
11	VALVULA	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
12	A	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
13	B	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
14	LA	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
15	LM	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
16	Tag_1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
17	Tag_2	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
18	Tag_3	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
19	Tag_4	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
20	Tag_5	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
21	Tag_6	Tabla de variables e..	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
22	Tag_7	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
23	Tag_8	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
24	Tag_9	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
25	Tag_10	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
26	Tag_11	Tabla de variables e..	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
27	Tag_13	Tabla de variables e..	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Tabla VI.VI: Variables del PLC parte 1

28	Tag_14	Tabla de variables e..	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
29	Tag_15	Tabla de variables e..	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
30	Tag_16	Tabla de variables e..	Bool	%M1.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
31	SO1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
32	SO2	Tabla de variables e..	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
33	SO3	Tabla de variables e..	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
34	SO4	Tabla de variables e..	Bool	%M2.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
35	selector auto-manual	Tabla de variables e..	Bool	%M2.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
36	EVM	Tabla de variables e..	Bool	%M2.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
37	EVNM	Tabla de variables e..	Bool	%M2.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
38	A1	Tabla de variables e..	Bool	%M2.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
39	A2	Tabla de variables e..	Bool	%M3.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
40	A3	Tabla de variables e..	Bool	%M3.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
41	B1	Tabla de variables e..	Bool	%M3.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
42	200CM	Tabla de variables e..	Bool	%M3.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
43	1000CM	Tabla de variables e..	Bool	%M3.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
44	2000CM	Tabla de variables e..	Bool	%M3.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
45	4000CM	Tabla de variables e..	Bool	%M3.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
46	EVNMT	Tabla de variables e..	Bool	%M3.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
47	CSP	Tabla de variables e..	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
48	paro general	Tabla de variables e..	Bool	%M4.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

**Tabla VI.VII:** Variables del PLC parta 2

### 6.2.5 Programación del PLC

Para la programación en el PLC SIEMENS S7 1200CPU 1214C se utiliza el STEP 7, que es el programador de los autómatas programables de SIEMENS. Permite programar los modelos S7 1500, S7 1200, S7 300 y S7 400. Además de un entorno de programación exhaustivo, STEP 7 proporciona todas las herramientas necesarias para proyectar, probar y depurar cualquier sistema de automatización.

#### Software de programación STEP 7

STEP 7 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos

HMI. Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla. STEP 7 proporciona lenguajes de programación estándar, que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

- KOP (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación se basa en esquemas de circuitos.
- FUP (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana.
- SCL (structured control language) es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.

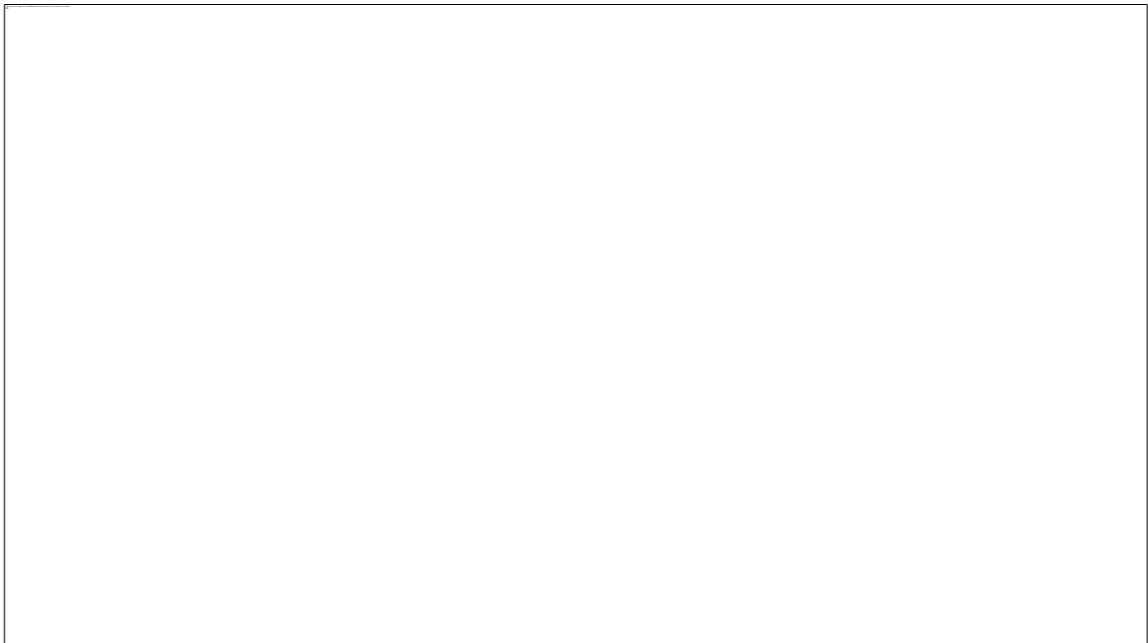
### **Requisitos del sistema**

Para instalar el software STEP 7 en un equipo con el sistema operativo Windows XP o Windows 7, es preciso iniciar la sesión con derechos de administrador. Ver Tabla VI.8.

### **Diferentes vistas que facilitan el trabajo**

STEP 7 proporciona un entorno de fácil manejo para programar la lógica del controlador, configurar la visualización de HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar la productividad, STEP 7 ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber:

Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto. Ver Figura VI.19.



**Tabla VI.VIII:** Requisitos del sistema

Puesto que todos estos componentes se encuentran en un solo lugar, es posible acceder fácilmente a todas las áreas del proyecto. La ventana de inspección, por ejemplo, muestra las propiedades e información acerca del objeto seleccionado en el área de trabajo. Si se seleccionan varios objetos, la ventana de inspección muestra las propiedades que

pueden configurarse. La ventana de inspección incluye fichas que permiten ver información de diagnóstico y otros mensajes.



**Figura VI.19:** Entorno de programación

La barra de editores agiliza el trabajo y mejora la eficiencia, ya que muestra todos los editores que están abiertos. Para cambiar entre los editores abiertos, basta con hacer clic sobre el editor en cuestión. También es posible visualizar dos editores simultáneamente, ya sea en mosaico vertical u horizontal.

Los pasos a seguir en la programación de esta automatización son los siguientes:

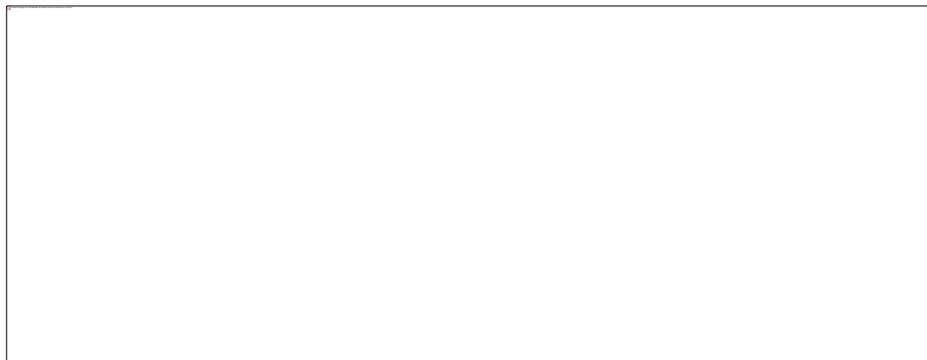
**1. Crear un proyecto**

En el portal Inicio, haga clic en "Crear proyecto nuevo". Introduzca el nombre del proyecto y haga clic en el botón "Crear".



**Figura VI.20:** Ventana proyecto nuevo

Una vez creado el proyecto, seleccione el portal Dispositivos y redes. Haga clic en el botón "Agregar nuevo dispositivo".

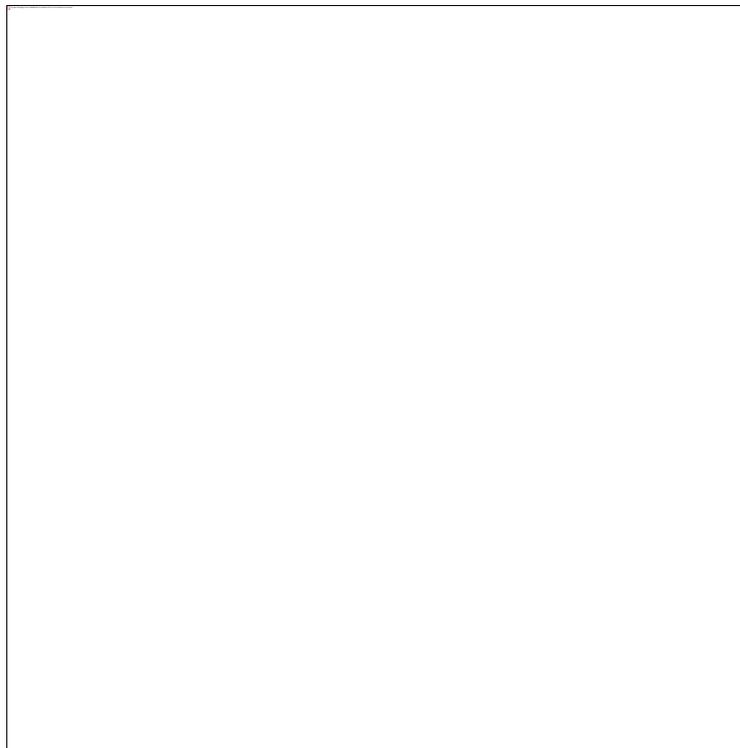


**Figura VI.21:** Ventana agregar dispositivo

Seleccione la CPU que desea agregar al proyecto:

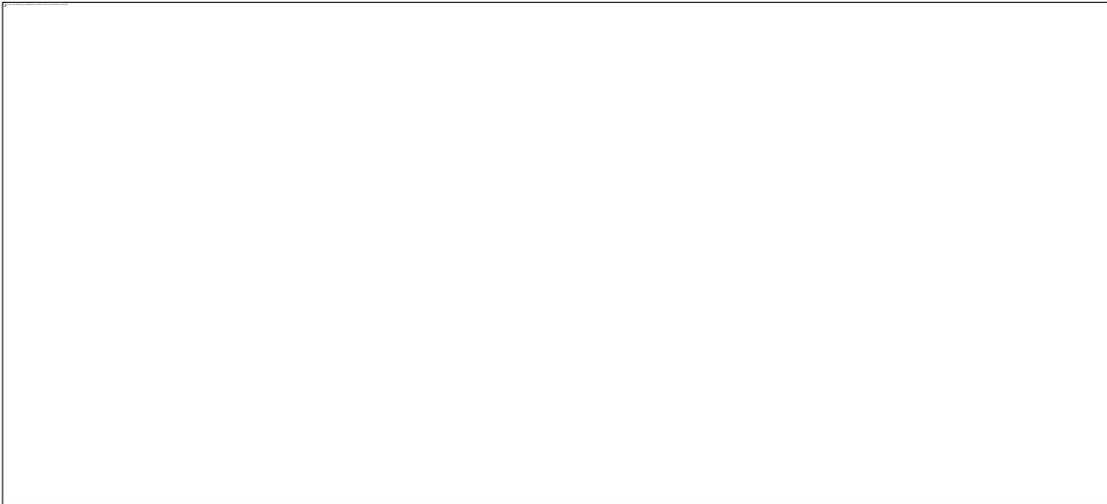
- a) En el cuadro de diálogo "Agregar nuevo dispositivo", haga clic en el botón "SIMATICPLC".
- b) Seleccione una CPU de la lista.
- c) Para agregar la CPU seleccionada al proyecto, haga clic en el botón "Agregar".

Observe que la opción "Abrir la vista de dispositivos" está seleccionada. Al hacer clic en "Agregar" con esta opción seleccionada se abre la "Configuración de dispositivos" de la vista del proyecto.



**Figura VI.22:** Ventana dispositivos

La vista de dispositivos muestra la CPU agregada.



**Figura VI.23:** Dispositivo agregado

## **2. Programa de usuario**

El código del programa consiste en instrucciones que ejecuta la CPU siguiendo unasecuencia. Para este ejemplo utilizamos la lógica de Esquema de contactos (KOP) para crear la lógica del programa. El programa KOP es una secuencia de segmentos semejantes a los peldaños de una escalera.

Para abrir el editor de programación, proceda del siguiente modo:

- a) Abra la carpeta "Bloques de programa" en el árbol del proyecto para ver el bloque "Principal [OB1]".
- b) Haga doble clic en el bloque "Principal [OB1]". El editor de programación abre el bloque de programa (OB1).

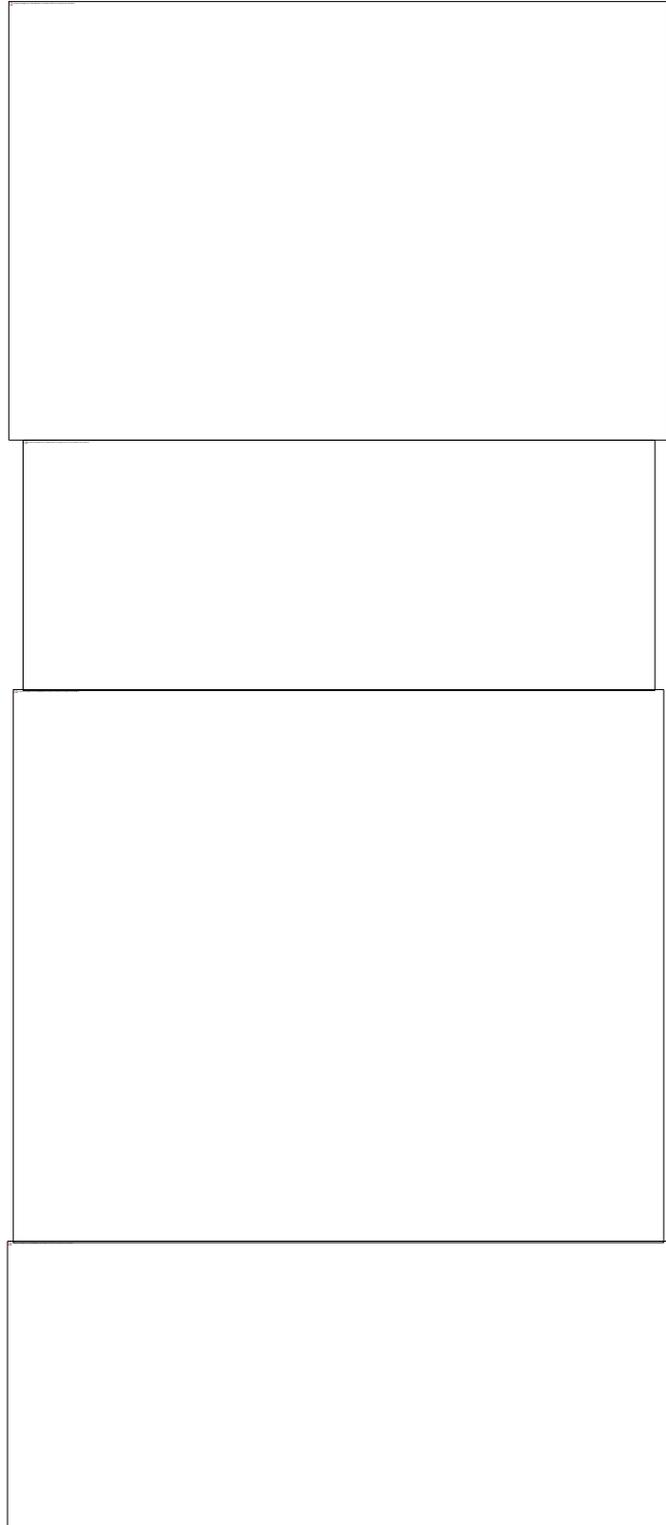


**Figura VI.24:** Editor de programación

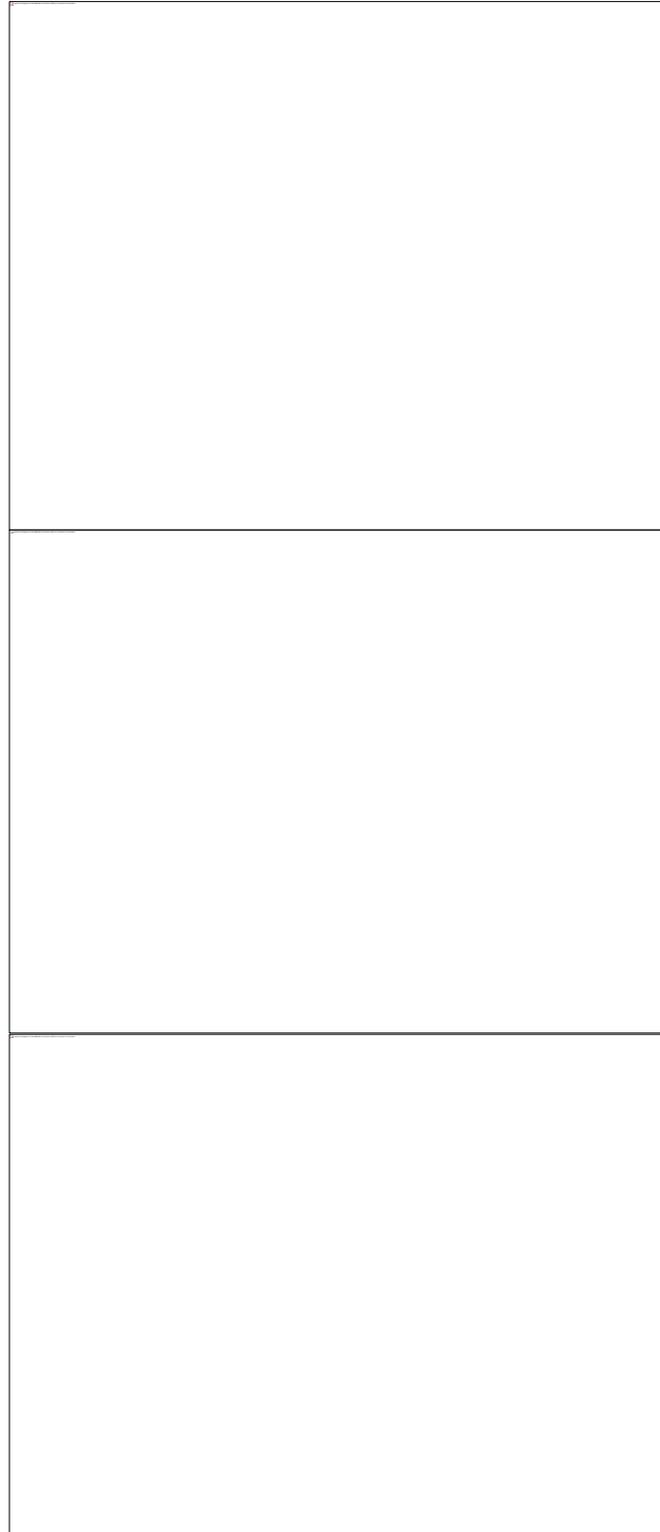
A continuación podemos observar en las figuras VI.25, VI.26, VI.27 y VI.28 la programación de la automatización en el esquema de contactos:



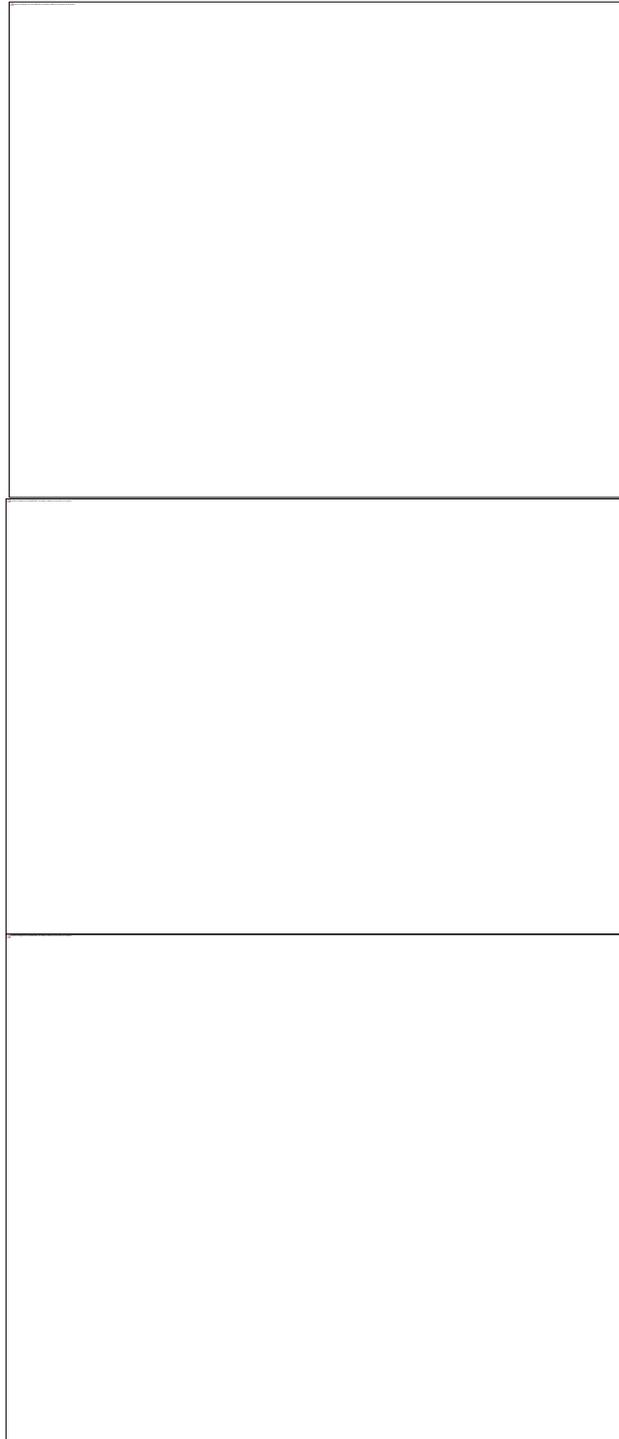
**Figura VI.25:** Diagrama de contactos del proceso parte 1



**Figura VI.26:** Diagrama de contactos del proceso parte 2



**Figura VI.27:** Diagrama de contactos del proceso parte 3



**Figura VI.28:** Diagrama de contactos del proceso parte 4

### **3. Verificación del programa**

El chequeo del programa se realiza durante la compilación. Para realizar la compilación se debe seleccionar el icono . Los posibles errores o avisos se muestran en la ventana de salida tal y como se muestra en la Figura VI.29.



**Figura VI.29:** Ventana de resultado de la compilación

### **4. Establecer una conexión online con una CPU**

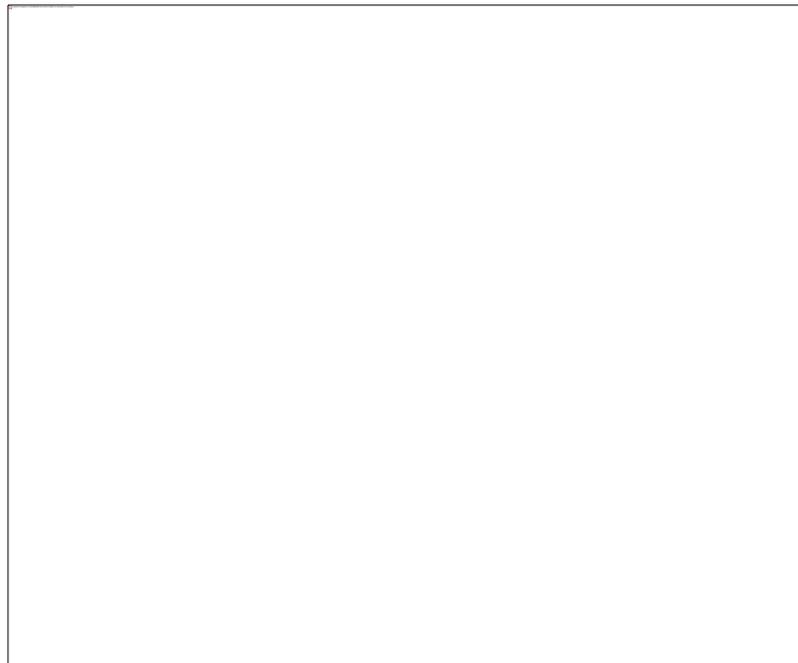
Es necesaria una conexión online entre la programadora y la CPU para cargar programas y datos de ingeniería del proyecto, así como para las actividades siguientes:

- Comprobar programas de usuario.
- Visualizar y cambiar el modo de operación de la CPU.
- Visualizar y ajustar la fecha y hora de la CPU.
- Visualizar la información del módulo.
- Comparar y sincronizar bloques de programa de offline a online.
- Cargar y descargar bloques de programa.
- Mostrar diagnóstico y el búfer de diagnóstico.
- Usar una tabla de observación para probar el programa de usuario vigilando y modificando valores.

- Utilizar una tabla de forzado permanente para forzar valores en la CPU.

Para establecer una conexión online en una CPU configurada, haga clic en la CPU en el árbol de navegación del proyecto y haga clic en el botón "Establecer conexión online" en la vista de proyectos .

Si es la primera vez que se realiza una conexión online con esta CPU, hay que seleccionar el tipo de interfaz PG/PC y la interfaz específica PG/PC en el cuadro de diálogo Establecer conexión online antes de establecer una conexión online a una CPU detectada en dicha interfaz.



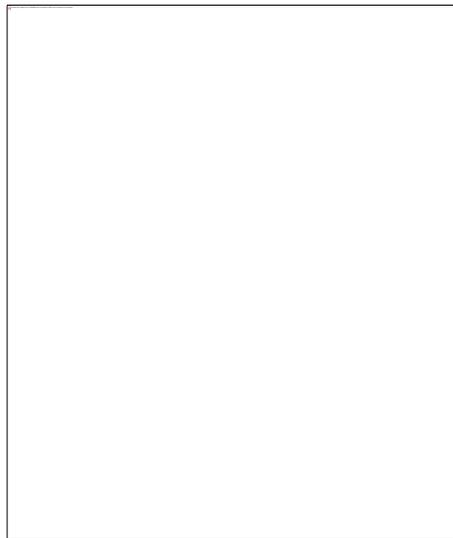
**Figura VI.30:** Ventana de comunicación ONLINE

La programadora se conecta a la CPU. Los marcos de color naranja indican una conexión online. Ahora, se pueden usar las herramientas online y de diagnóstico del árbol de proyectos, así como la Task Card de las herramientas online.

### **5. Cargar el programa en el estado operativo RUN**

Para modificar el programa en el estado operativo RUN, asegúrese primero de que la CPU soporte la función "Carga en estado operativo RUN" y que la CPU se encuentre efectivamente en el estado operativo RUN:

- a) Para descargar el programa en RUN, seleccione uno de los métodos siguientes:
- Comando "Cargar en dispositivo" del menú "Online"
  - Botón "Cargar en dispositivo" de la barra de herramientas
  - En el "Árbol del proyecto" haga clic con el botón derecho del ratón en "Bloques de programa" y seleccione el comando "Cargar en dispositivo > Software".



**Figura VI.31:** Carga de programa en el PLC

- b) Si el programa se compila correctamente, STEP 7 carga el programa en la CPU.
- c) STEP 7 le solicita al usuario que cargue el programa o que cancele la operación.
- d) Si hace clic en "Cargar", STEP 7 carga el programa en la CPU.

### **6.2.6 Programación del NI OPC SERVER**

La comunicación de LABVIEW puede resultar una herramienta muy útil esto debido a su gran facilidad de programación y puede integrar distintos tipos de componentes como PLC, sensores, microcontroladores, tarjetas de adquisición de datos entre otros. Esto sin tener preferencia por ninguna marca en especial. Así, se puede elaborar una HMI (Human Machine Interface) o interfaz grafica para el control y monitores en aplicaciones de automatización y otros.

La HMI se puede hacer en una pantalla táctil, SIEMENS en este caso, pero esto presenta algunas desventajas como costo elevado del hardware además se restringe solo al uso de PLC de la misma marca y características. A continuación se mostrara como integrar un SIEMENS S7-1200 utilizando la Librería OPC para crear una HMI del control automático de envasado.

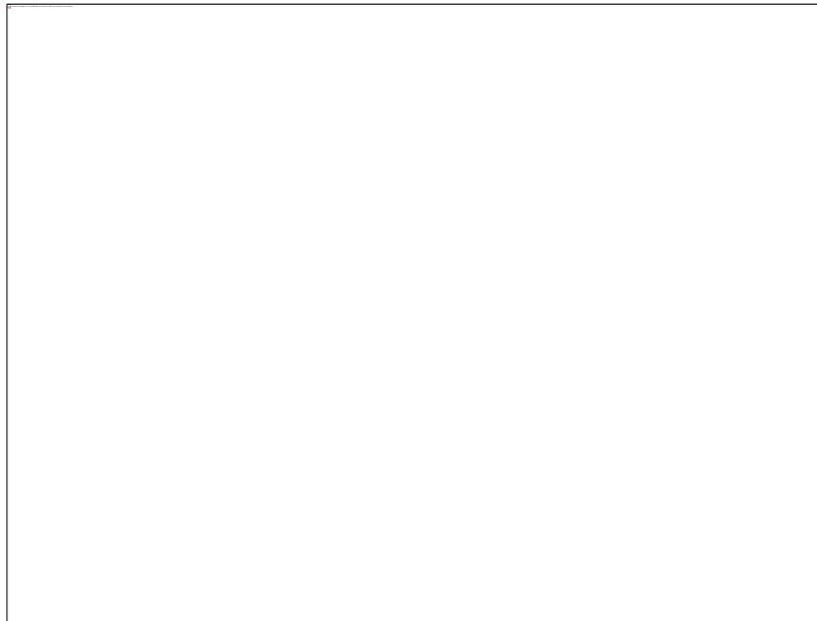
### **Configuración de OPC**

Se inicia el programa de configuración de National Instruments OPC.



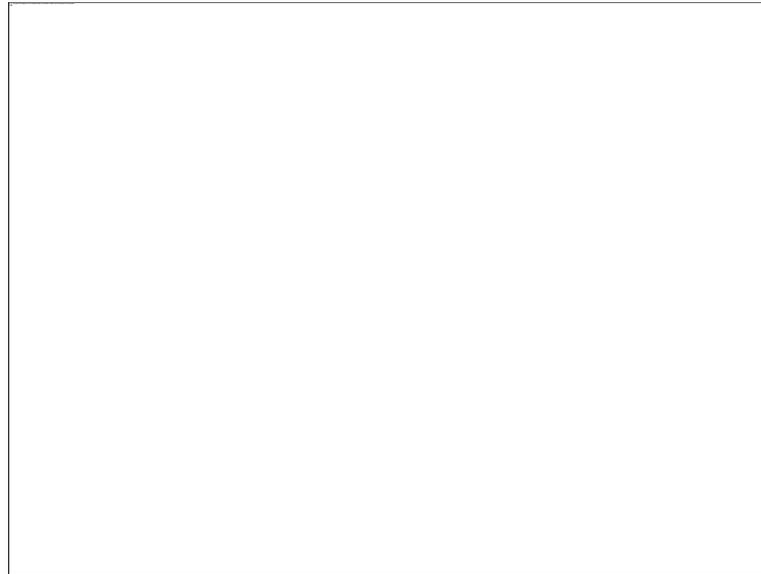
**Figura VI.32:** Inicio de paquete OPC

Se abrirá la ventana de la figura VI.33.



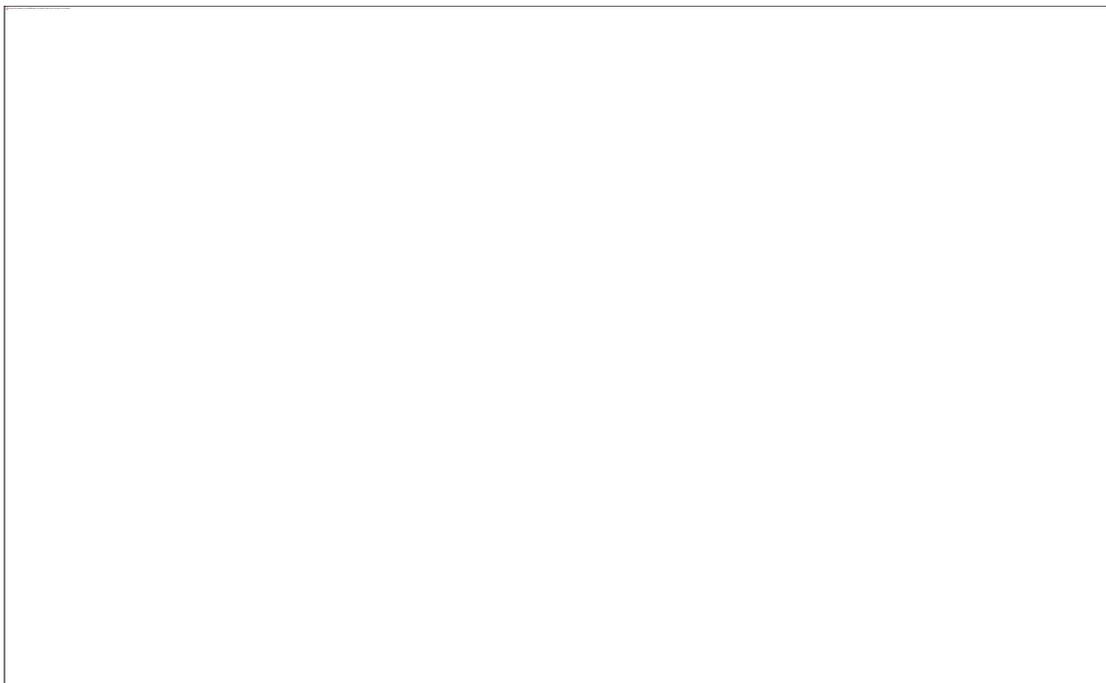
**Figura VI.33:** Pantalla de inicio

Se hace clic en nuevo y se acepta en todos los cuadros que salgan hasta que se tenga lo de la figura VI.34.



**Figura VI.34:** Inicio de configuración

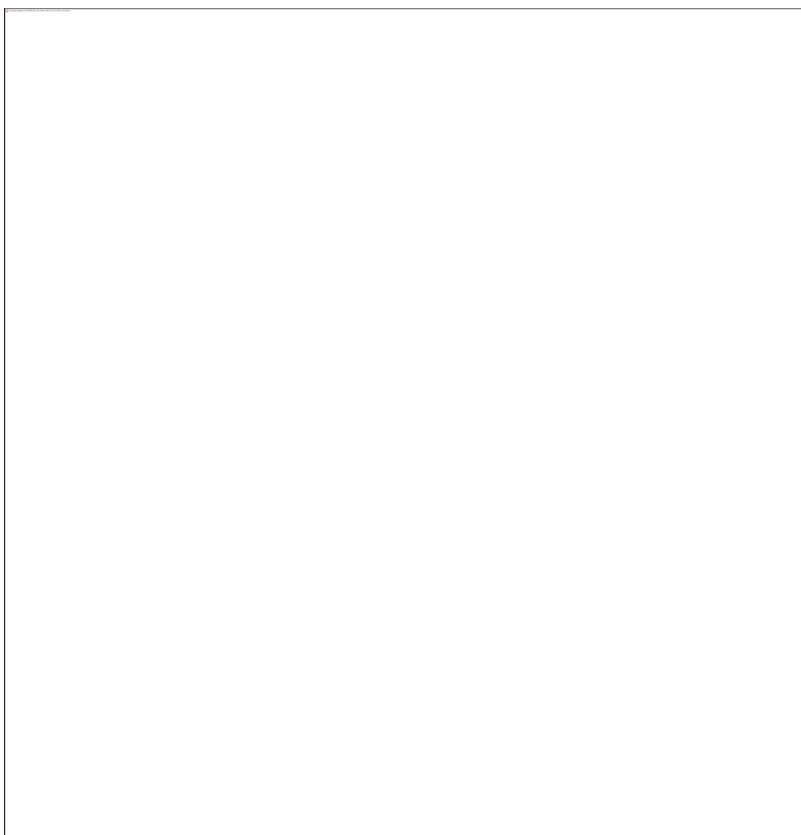
Se hace clic en “add channel” para agregar un nuevo canal de comunicación. Aparecerá lo de la figura VI.35. En esta parte se asigna un nombre al canal, en este caso será nombrado como “Siemens”.



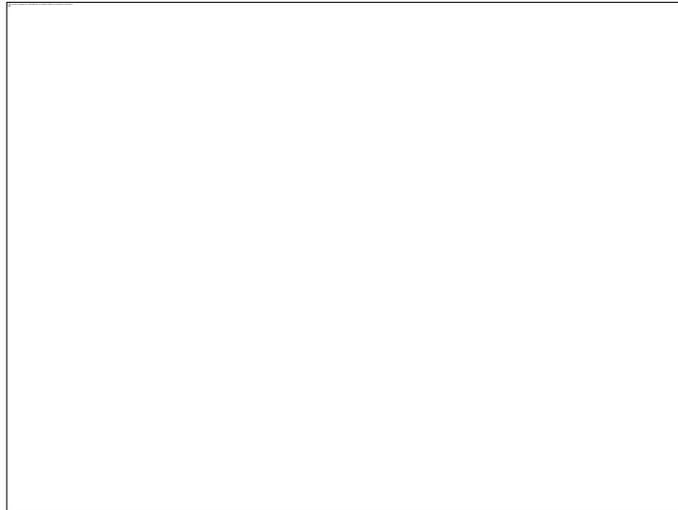
**Figura VI.35: Nombre del canal**

Se hace clic en siguiente y se obtiene lo de la Figura VI.36. En esta parte se selecciona el tipo de comunicación por la cual el PLC se comunicará, es importante observar que se puede comunicar con distintos tipos de PLC y tipos de comunicación.

De esta forma se evita el problema de que si se cuenta con una pantalla táctil siemens solo funcionara con PLC siemens. Utilizando este método se puede realizar una interfaz para siemens, allenbradley, honeywell entre muchos más. Para este caso, como el PLC a utilizar es un siemens S7-1200 se seleccionara “Siemens TCP/IP Ethernet”.

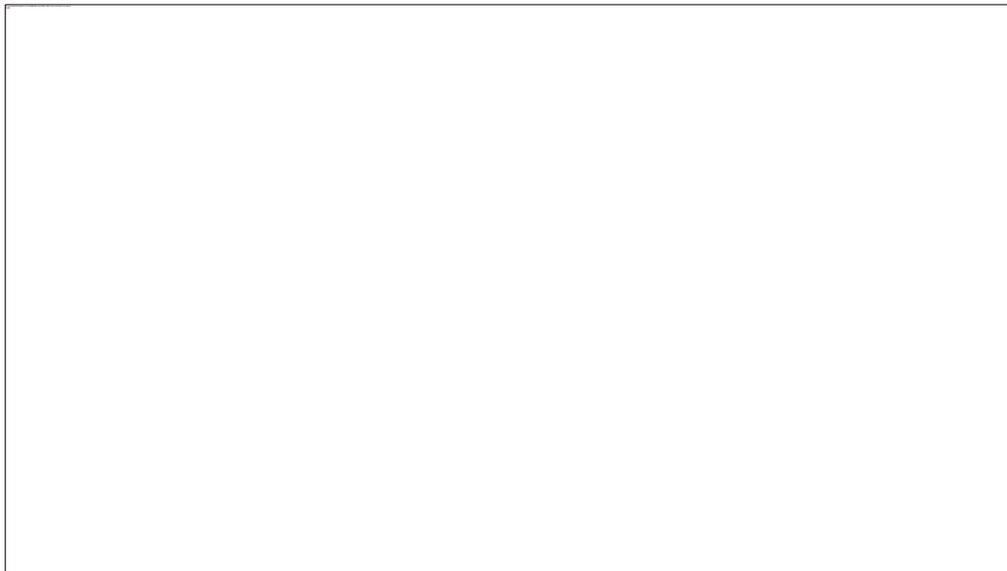


**Figura VI.36:** Selección de sistema de comunicación



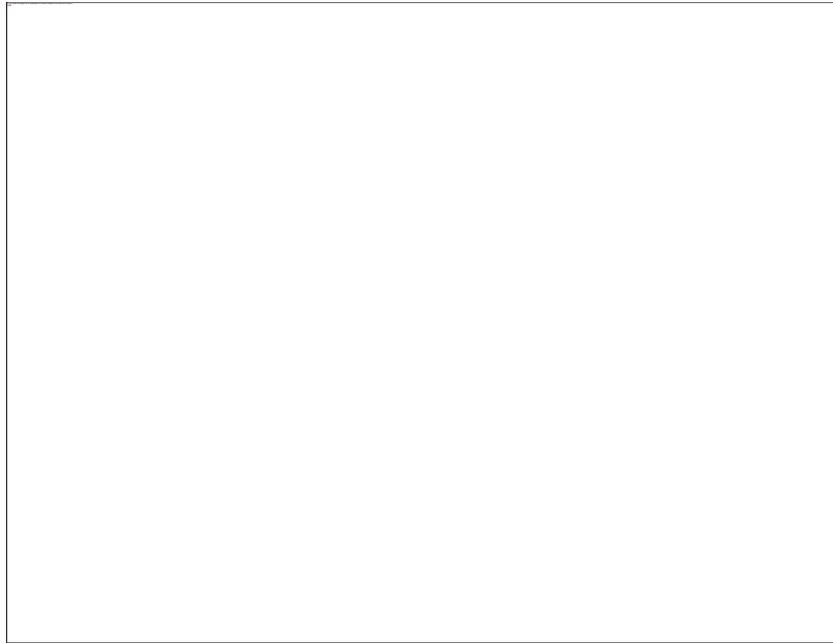
**Figura VI.37:** Tarjeta de red de la PC que se usara

Después aparece lo mostrado en la figura VI.38. En esta parte se asigna un nombre al dispositivo que se usara.



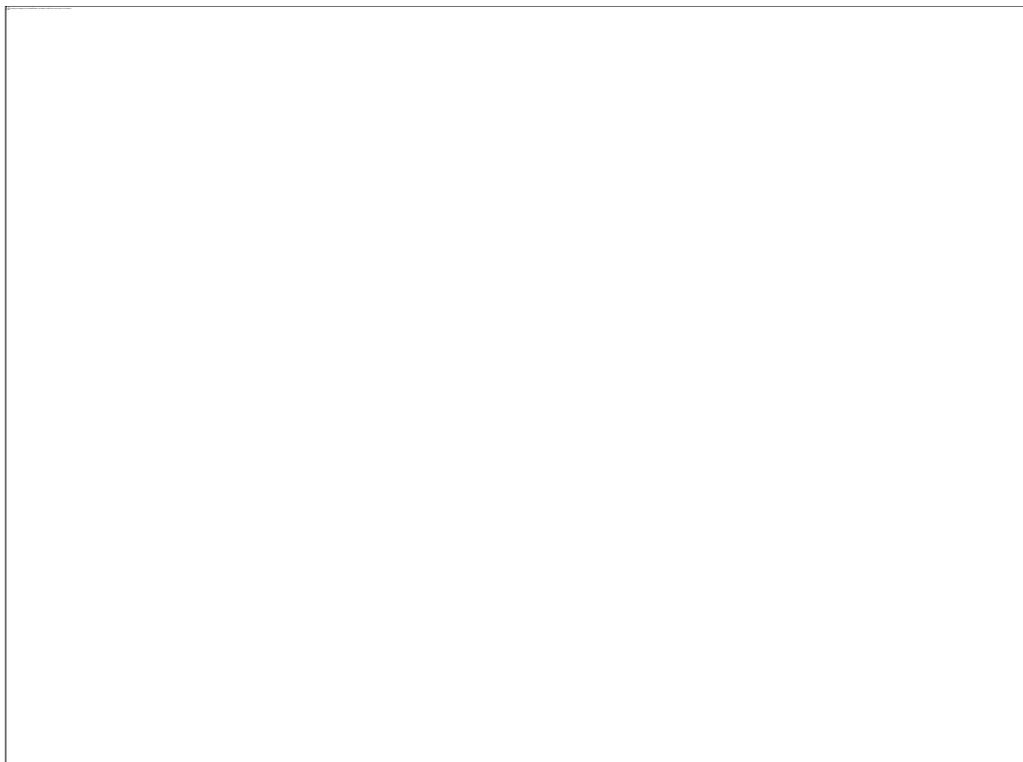
**Figura VI.38:** Nombre del PLC

Selección de PLC a utilizar.



**Figura VI.39:** Selección del modelo de PLC

Asignación de dirección IP del PLC.



**Figura VI.40:**Dirección IP de PLC

Después de da clic en siguiente hasta que se llegue a la figura VI.41.



**Figura VI.41:**Tabla de variables

Se hace clic en “New Tag” como se muestra en la figura VI.42.



**Figura VI.42:** Creación de variable de entrada

Luego, como se ve en la figura VI.43. Se debe se asignar un nombre de variable y la dirección a la cual hará referencia en el PLC. La dirección depende del programa y del PLC, para este caso “I” son entradas, “Q” salidas y “M” memorias.

Se debe de repetir este proceso cuantas veces sea necesario hasta tener todas las variables necesarias según la aplicación.



**Figura VI.43:** Creación de variable de salida



**Figura VI.44:** Variables creadas

En la figura VI.45 se muestra la creación de todas las variables necesarias para controlar y monitorear el control automático de envasado de yogurt.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling
INICIO	I0.0	Boolean	100	None
PARO	I0.1	Boolean	100	None
PARO EMERGENCIA	I0.2	Boolean	100	None
VALVULA MANUAL FISICA	I0.3	Boolean	100	None
TAPAS FISICA	I0.4	Boolean	100	None
SELLADO FISICO	I0.5	Boolean	100	None
SN	I0.6	Boolean	100	None
TAMAÑO ENVASE	IB1	Byte	100	None
PESO	IW64	Word	100	Linear
SOP1	M2.0	Boolean	100	None
SOP2	M2.1	Boolean	100	None
SOP3	M2.2	Boolean	100	None
SOP4	M2.3	Boolean	100	None
SELECTOR	M2.4	Boolean	100	None
VALVULA MANUAL	M2.5	Boolean	100	None
SELLADO	M2.6	Boolean	100	None
A1	M2.7	Boolean	100	None
A2	M3.0	Boolean	100	None
A3	M3.1	Boolean	100	None
B1	M3.2	Boolean	100	None
TAPAS	M3.7	Boolean	100	None
CSP	M4.1	Boolean	100	None
PARO GENERAL	M4.2	Boolean	100	None
MOTOR	Q0.0	Boolean	100	None
VALVULA	Q0.1	Boolean	100	None
A	Q0.2	Boolean	100	None
B	Q0.3	Boolean	100	None
LA	Q0.4	Boolean	100	None
LM	Q0.5	Boolean	100	None

Figura VI.45: Variables creadas

Se hace clic en conectar y luego en el botón de “Quick Client” como se muestra en las siguientes figuras.

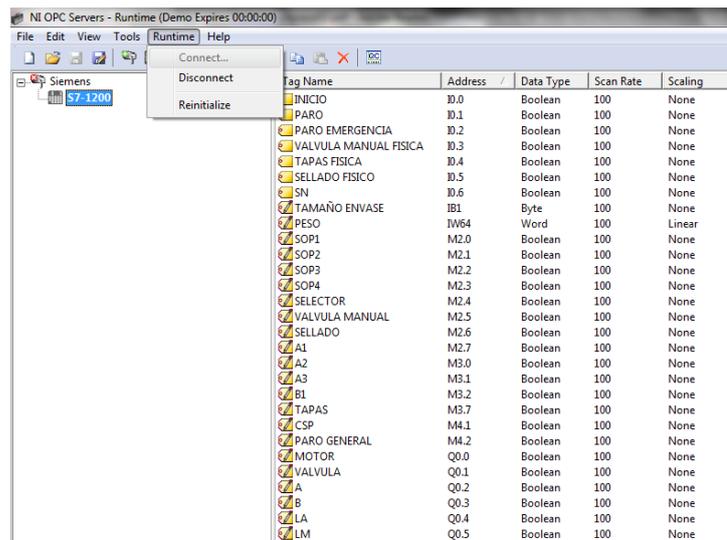


Figura VI.46: Conectarse al PLC

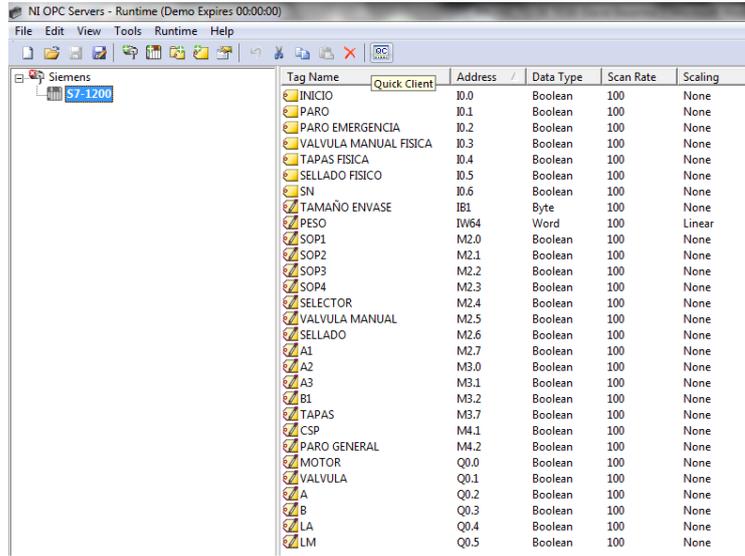


Figura VI.47:Selección de Quick Client

Del lado izquierdo se debe seleccionar el nombre del dispositivo con el que se está trabajando. Esta ventana es de la más importante del proceso ya que si en esta parte no se ve reflejado el comportamiento de las entradas no se puede continuar.

Si observa en la columna de “Value” la leyenda “Unknown” existe un problema de conexión. Se debe de ver como en la figura VI.48.

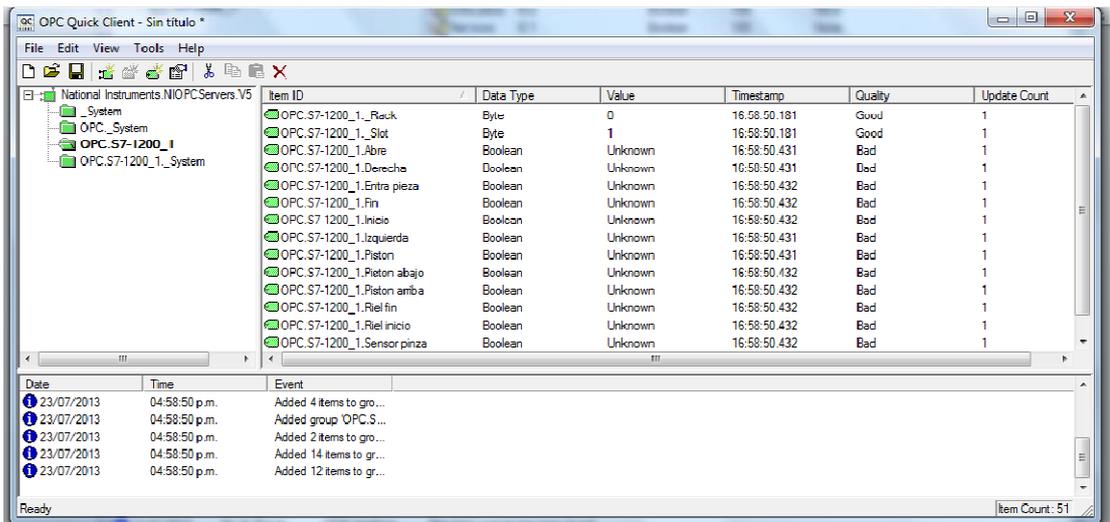
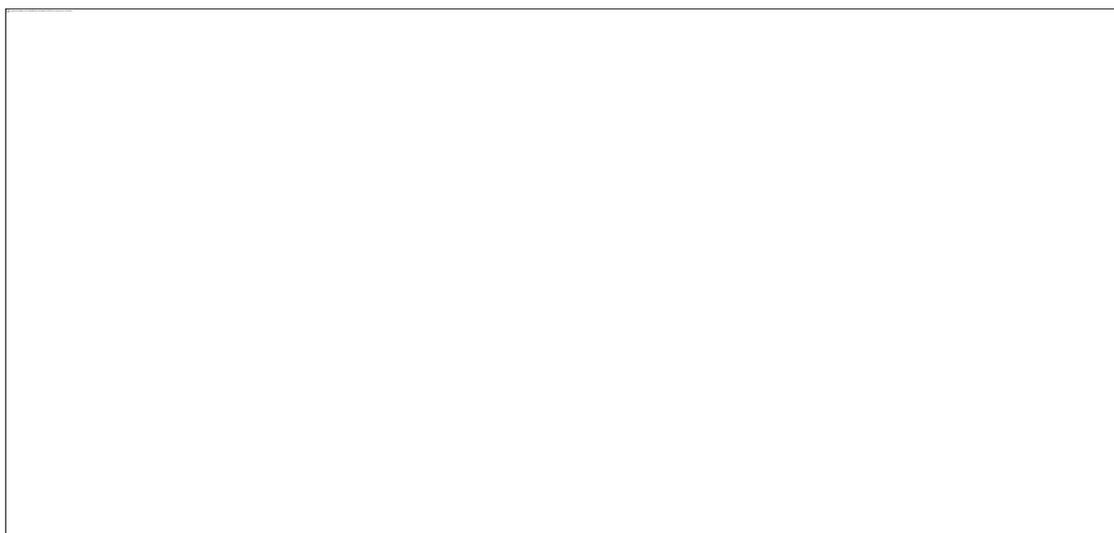


Figura VI.48:Mal conectado

En la figura VI.49 se observa la pantalla que se debe ver cuando se tiene una correcta conexión, en la columna de “Value” se debe observar “1” o “0” y en la columna “Quality” se debe leer “Good”. SI NO SE VE ALGO PARECIDO A LO DE LA FIGURA VI.27 NO SE PUEDE CONTINUAR, si tiene problemas hasta aquí revise los pasos anteriores, las conexiones físicas, las direcciones IP y cualquier cosa que pueda afectar la conexión. Cuando una variable de entrada se activa, un sensor se enciende, el valor de “Value” cambiara de “0” a “1” o viceversa, (siempre existe un retraso en la respuesta). También se puede forzar la salida dando clic derecho en la variable y después en “Set Active” o “Set Inactive” según se necesite.



**Figura VI.49:**Bien conectado

Hasta esta parte ya se ha establecido la conexión entre LABVIEW y el PLC, porque ya se ve reflejado el comportamiento en la figura VI.49. Ahora se realizara la configuración del programa para crear la interfaz.

### 6.2.7 Programación del HMI en LABVIEW

Una vez que se ha configurado correctamente el servidor OPC se puede conectar cualquier cliente OPC para monitorear el PLC. En esta automatización se utilizará LABVIEW como cliente OPC. Mediante LABVIEW se podrá monitorear y controlar cada una de las entradas y salidas del PLC que fueron creadas como etiquetas estáticas, para lo cual se deben seguir los siguientes pasos:

1. En LABVIEW, Crear un nuevo proyecto. Grabado como CONTROL AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE YOGURT.
2. Crear un nuevo VI en My Computer para monitorear el PLC, y en donde se va a desarrollar el HMI de la planta. Nombrando al VI como Proceso de envasado.



**Figura VI.50:** Ventana de proyectos en LABVIEW

3. La comunicación de LABVIEW como cliente OPC se puede hacer de varias maneras. En este proyecto se utilizará una Bound Variable conectada al servidor OPC. Ambos elementos deben estar contenidos dentro de una librería.

- En My Computer, hacer clic derecho y seleccionar New>I/O Server.

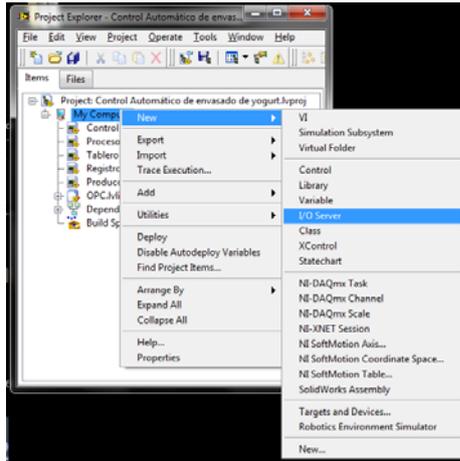


Figura VI.51: Ventana para crear un I/O Server

- Seleccionar OPC Client de la lista y presionar Continue.

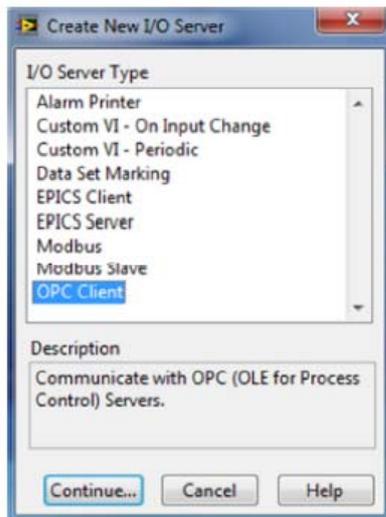
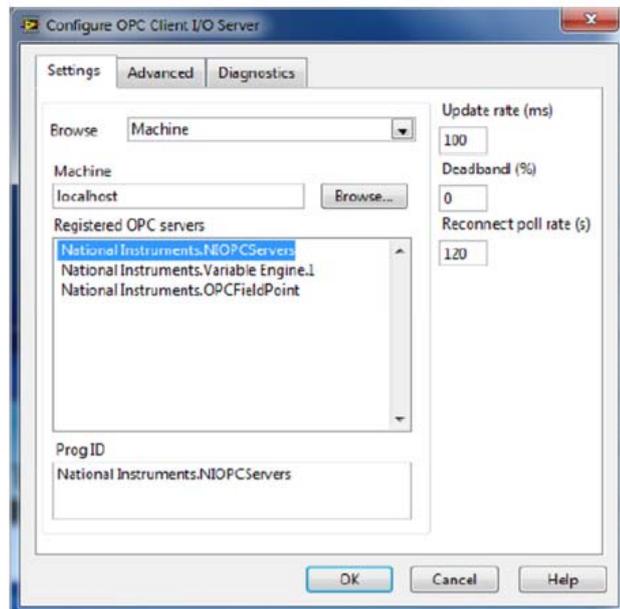


Figura VI.52: Ventana para crear un Cliente OPC

- En la pantalla de configuración de Cliente OPC, seleccionar el servidor National Instruments.NIOPCServers. Update Rate (ms) es la tasa a la que el servidor se comunicará con el PLC. Configurar a 100 ms en lugar de los 1000 ms predefinidos debido a que el programa del PLC corre relativamente rápido. Presionar el botón OK.



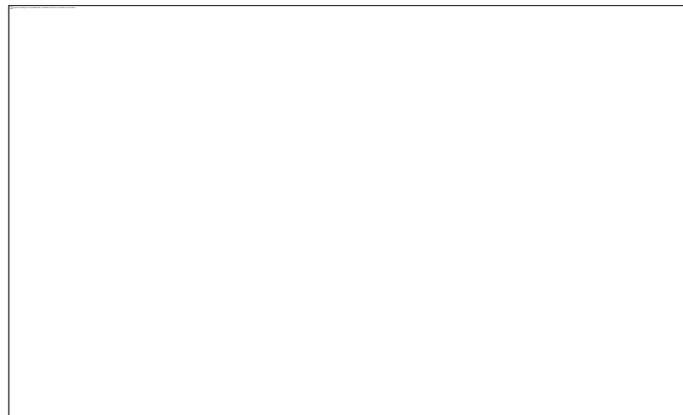
**Figura VI.53:** Ventana de configuración del cliente OPC

- En el proyecto se habrá agregado una nueva librería con el servidor OPC dentro de ella. Grabar todo el proyecto, nombrando la librería como OPC.
- Para crear las Bound Variables que vamos a utilizar en El VI del HMI vamos clic derecho sobre la librería OPC y seleccionamos la opción Create Bound Variable.



**Figura VI.54:** Ventana de selección de Bound Variables

De la ventana de Create Bound Variables seleccionamos el servidor OPC1 que se encuentra en la librería OPC. Desplegamos la carpeta S7-1200 y aparecerán todas las variables creadas como etiquetas en el NI OPC SERVER anteriormente descrito.



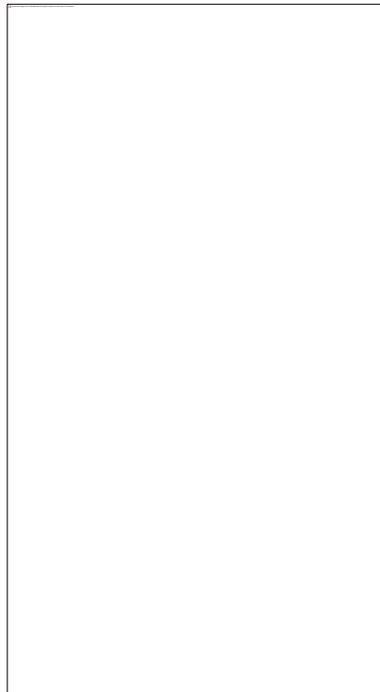
**Figura VI.55:** Ventana de configuración de Bound Variables

- Se agregan todas las variables que se vayan a utilizar en el VI del HMI.



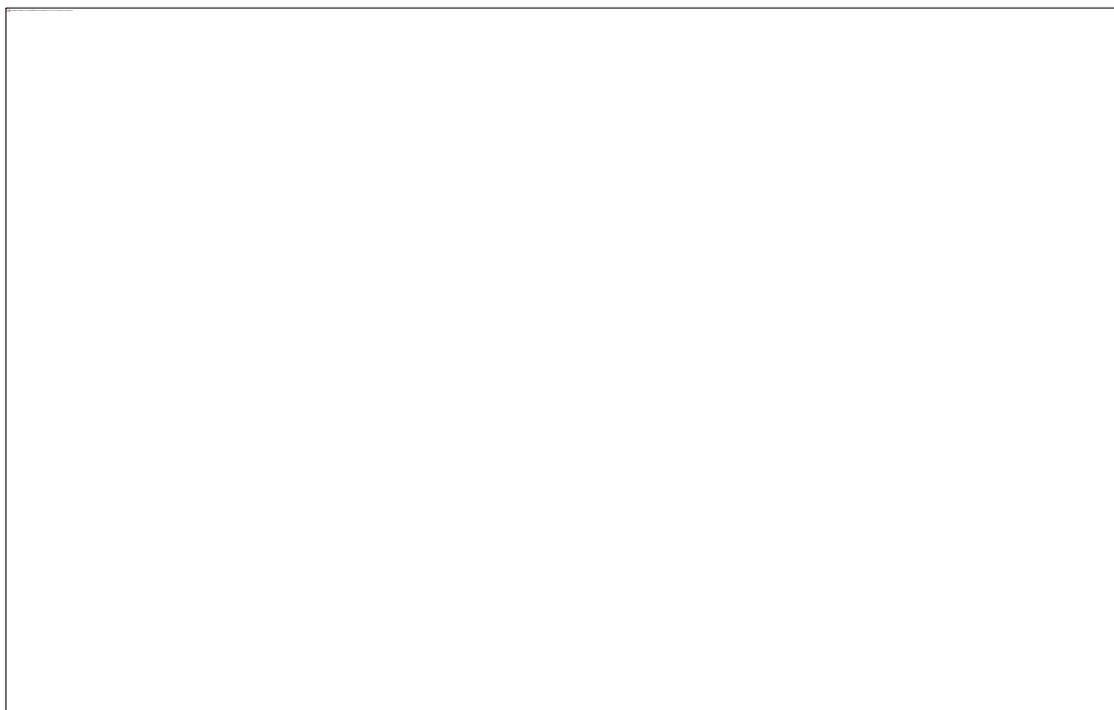
**Figura VI.56:** Agregar variables.

Finalmente presionando OK, el proyecto quedara con las variables listas a ser utilizadas, como se muestra en la figura VI.57.



**Figura VI.57:** Ventana del proyecto con las variables listas

Ya con las variables listas en el proyecto, sencillamente se abre el VI del HMI y se arrastran la variable que se necesitan hacia el panel frontal.



**Figura VI.58:** Variables en el panel frontal del VI

Una vez ya con las variables del proceso listas a ser utilizadas, la programación del HMI o (interfaz gráfica del proceso) es realizada con la herramienta de LABVIEW DSC que cuenta con una librería de imágenes prediseñadas.

La programación del HMI puede ser realizada de un sin fin de maneras, teniendo como límite la imaginación del programador. Toda la programación de diagrama bloques se la puede encontrar anexa a este documento.

### **6.2.8 Implementación de los Elementos y Equipos de Control**

La implementación del control automático de envasado de yogurt se lo divide en tres partes:

La parte de plomería es decir, la colocación de la electroválvula, la parte neumática es decir, la toma de aire necesaria para los cilindros y válvulas neumáticas y la parte eléctrica de mando y control.

#### **Colocación de la electroválvula:**

Para la implementación y colocación de la electroválvula se debe contar con la ayuda de un personal de plomería calificado, el cual a partir de las instalaciones existentes de tubería galvanizada, de acero inoxidable se procederá a la conexión respectiva de la electroválvula anteriormente seleccionada remplazándola por la válvula manual existente.

#### **Parte neumática:**

Una vez concluida la parte de plomería se procede con la instalación de toma de aire, la cual debe estar a cargo de personal capacitado para dicha tarea. Con tubería de 1/2" utilizando la red existente se procede a realizar la toma de aire del lugar más cercano la cual será necesaria para el funcionamiento de los cilindros actuadores encargados de dispensar tapas y sellar los envases.

#### **Parte Eléctrica de Mando y Control:**

Una vez concluida la parte de plomería y la parte neumática se procede con la instalación eléctrica de mando y control, la cual debe estar a cargo de personal eléctrico capacitado.

### **1. Acometida al tablero de control desde los diferentes equipos a monitorear y controlar:**

Para los elementos a ser monitoreados y controlados, es necesario que tengan una acometida desde el lugar donde se encuentra cada equipo, sea este la electroválvula de yogurt, o las válvulas neumáticas con solenoide; cada acometida debe llegar al tablero de control con dos cables flexibles AWG #18 de 300V, estos cables deben estar muy bien designados para saber a qué equipo se están conectando y de esta manera facilitar el armado del tablero de control.

Es importante mencionar que los dos cables flexibles AWG #18 de 300V que van a llegar a cada equipo, van a estar conectados en un contacto normalmente abierto del relé del motor de la banda transportadora y/o de la electroválvula de yogurt respectivamente, los demás estarán conectados directamente al PLC puesto que son salidas de tipo RLY y el solenoide de las válvulas neumáticas no consume más de 2A, logrando de esta manera obtener la señal de control deseada en el momento en que se encienda cada elemento.

Para el control de los contactores que gobiernan cada una de las bombas y electroválvulas que intervienen en el proceso de automatización se va a utilizar cable flexible AWG #18 de 300V.

En el caso del sensor de peso 1004 se va a utilizar el cable adecuado para este sensor, el cual se conectará a la entrada analógica del PLC ubicado en el tablero de control. Además existe la acometida de la red de comunicación desde el tablero de control hacia la computadora de

monitoreo ubicada en las oficinas; esta acometida se deberá realizar con cable UTP mediante una comunicación serial, que se la llevará una distancia aproximada de 10 metros.

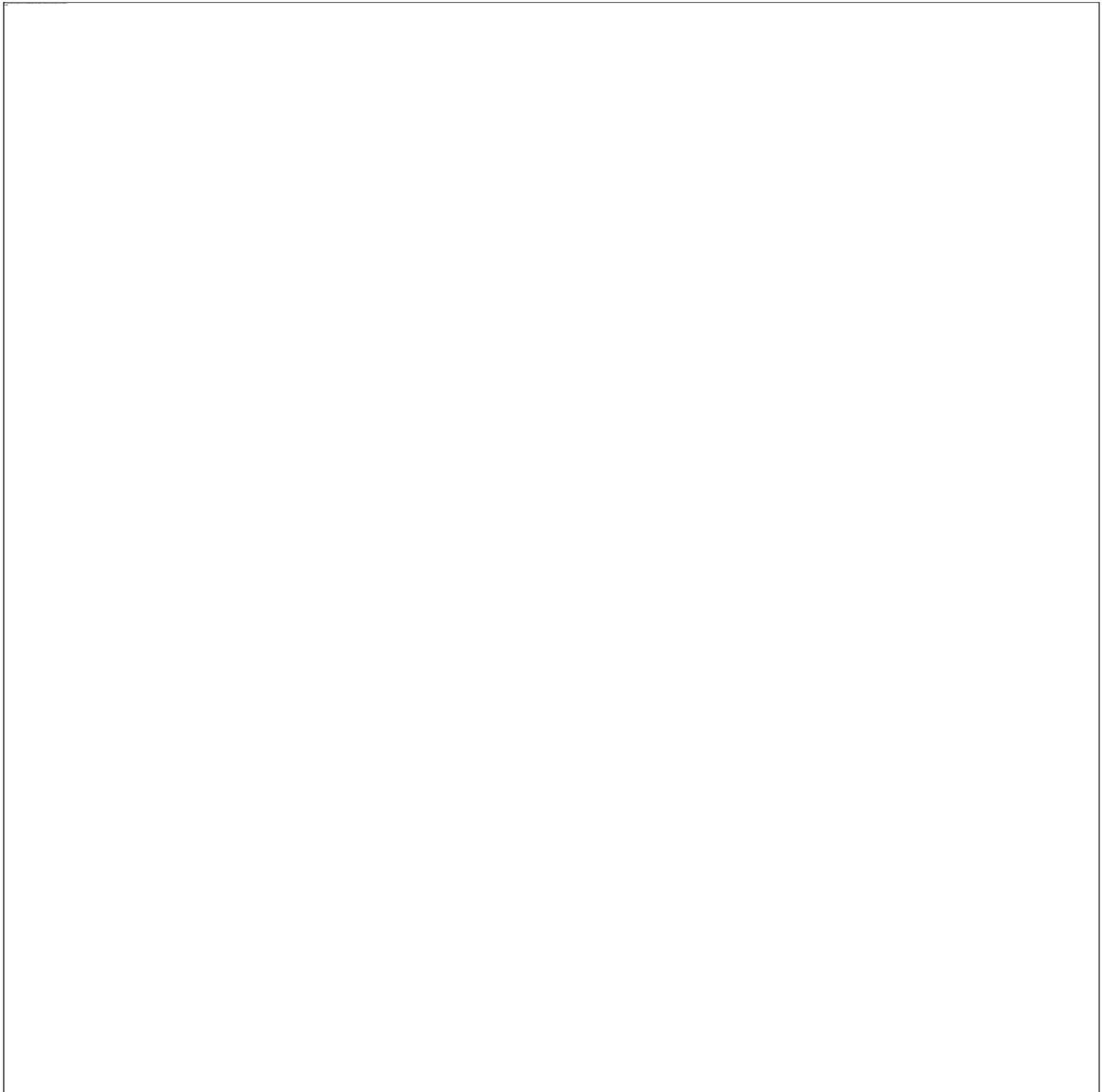
## **2. Montaje del tablero de control:**

Para el funcionamiento del motor y electroválvula involucrados en la automatización se deberá utilizar relés que controlen y protejan las diferentes bombas y electroválvulas. De igual manera es necesario un breaker general que proteja el PLC y demás equipos, el plano de distribución de todos los equipos que serán instalados en la parte interna del tablero de control, será anexado al final del proyecto.

La tapa frontal del tablero de control va a estar constituida por un selector, varios pulsadores y luces piloto. Estos elementos son los que van a accionar las diferentes formas de funcionamiento del pasteurizador, ya sea manual o automáticamente. El panel frontal del tablero de control se lo muestra en la Figura VI.59 con la distribución adecuada de cada elemento.

## **1. Cableado y conexión del tablero de control:**

Para el cableado de las entradas del PLC así como en la conexión de los elementos del panel frontal se va a utilizar cable flexible AWG #18 de 300V, debido a que se va a manejar amperajes muy bajos. En el cableado de control se deberá utilizar cable flexible AWG #18 de 300V, esto debido a que el amperaje que se va a manejar no supera los 5 amperios ya que solo van accionarse las bobinas de los relés.



**Figura VI.59:**Panel frontal del tablero de control

Para la conexión y organización del cableado dentro del tablero de control se deberá utilizar canaletas, logrando así mantener correctamente bien organizados los cables de conexión y además de obtener una vista estética muy buena, como se muestra en el plano de montaje del tablero de control.

Es importante destacar que todos los cables de conexión deben estar muy bien designados, para facilitar la conexión de los distintos elementos involucrados en el tablero de control, y para poder realizar cualquier tipo de chequeo o mantenimiento.

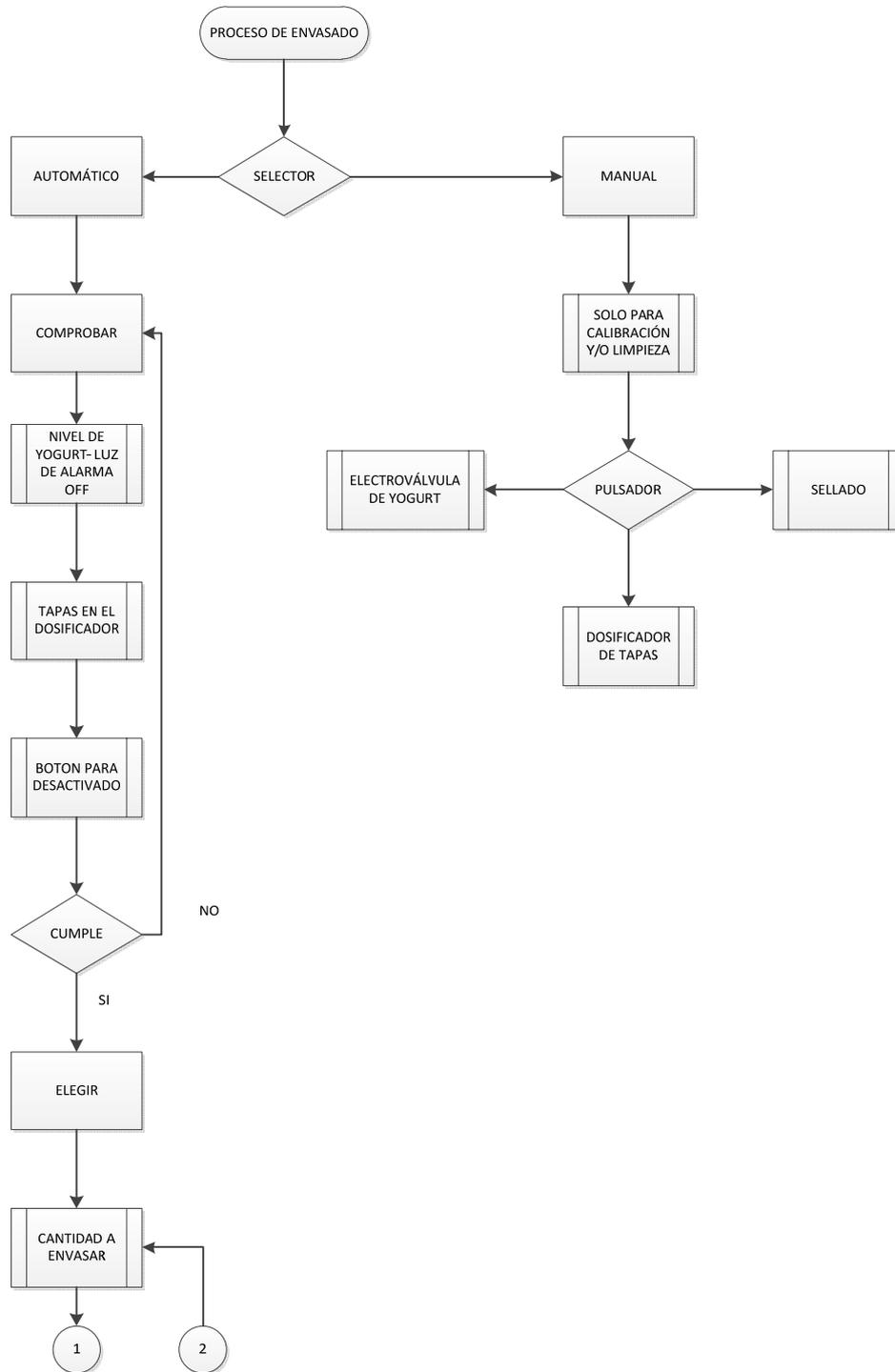
### **6.2.9 Funcionamiento del Control y Monitoreo**

El funcionamiento de control automático de envasado se resume en el siguiente diagrama ilustrado en las Figuras VI.60, VI.61, VI.62, VI.63.

Para el HMI del proceso de envasado de yogurt de la Planta de Lácteos Marco's se realizó 6 pantallas de acceso, descritas a continuación:

#### **Pantalla de INICIO:**

Esta pantalla cuenta con el acceso de control de usuario, el cual tiene la capacidad de identificar entre un usuario OPERADOR y un usuario ADMINISTRADOR, estos dos usuarios tienen sus contraseñas propias para acceder al HMI. Esta pantalla se muestra en la Figura VI.59. Cabe destacar que el usuario Operador solo tiene la capacidad de monitorear y controlar el proceso, mientras que el usuario Administrador tiene la capacidad de ver obtener los datos de producción y registro de usuarios además de monitorear y controlar el funcionamiento del proceso.



**Figura VI.60:**Diagrama proceso envasado parte 1

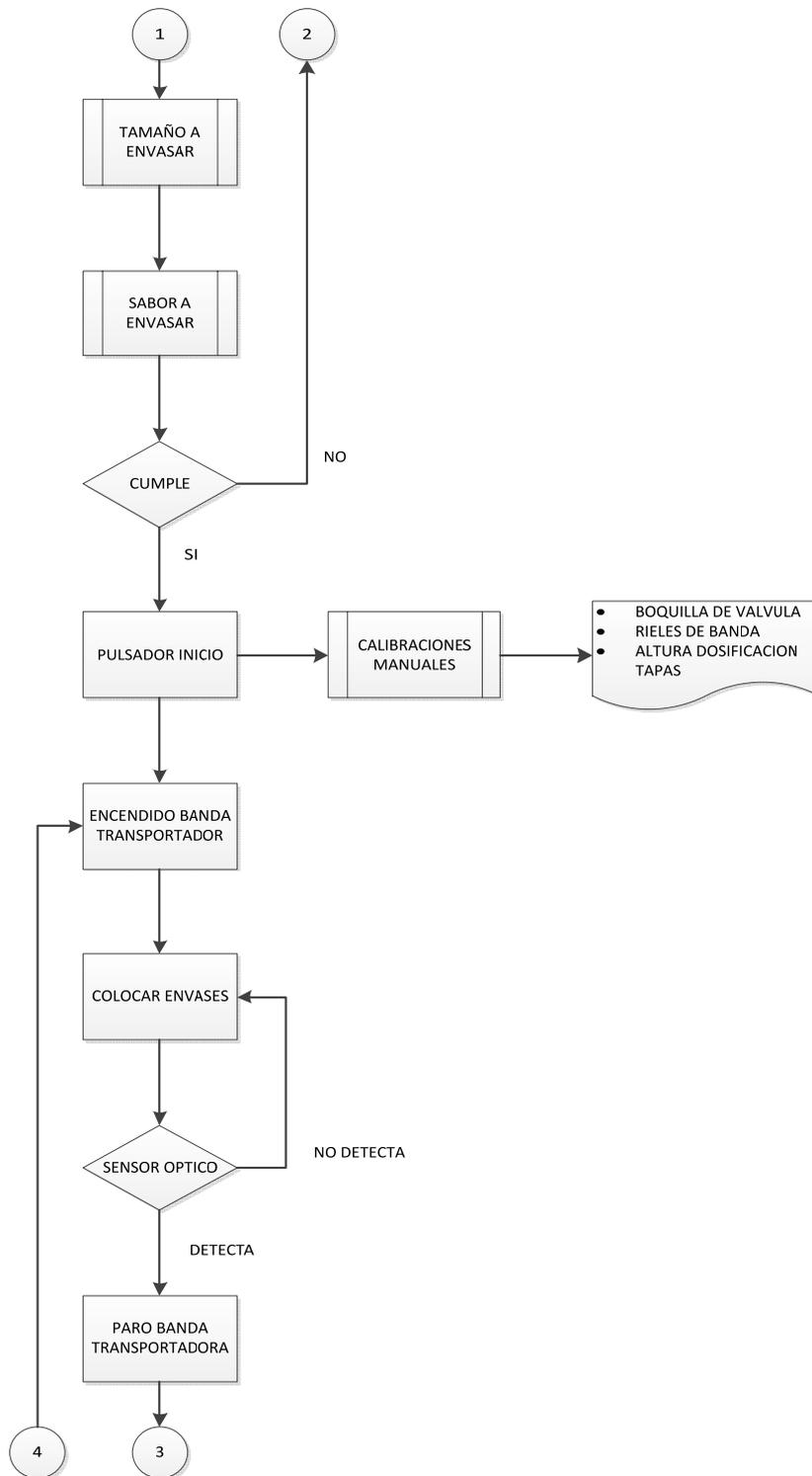
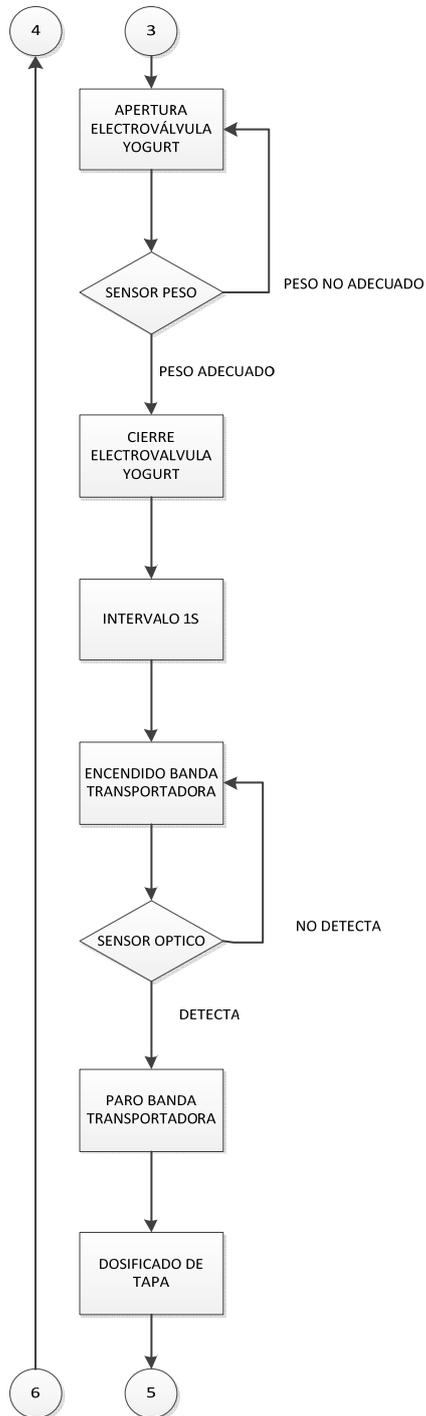
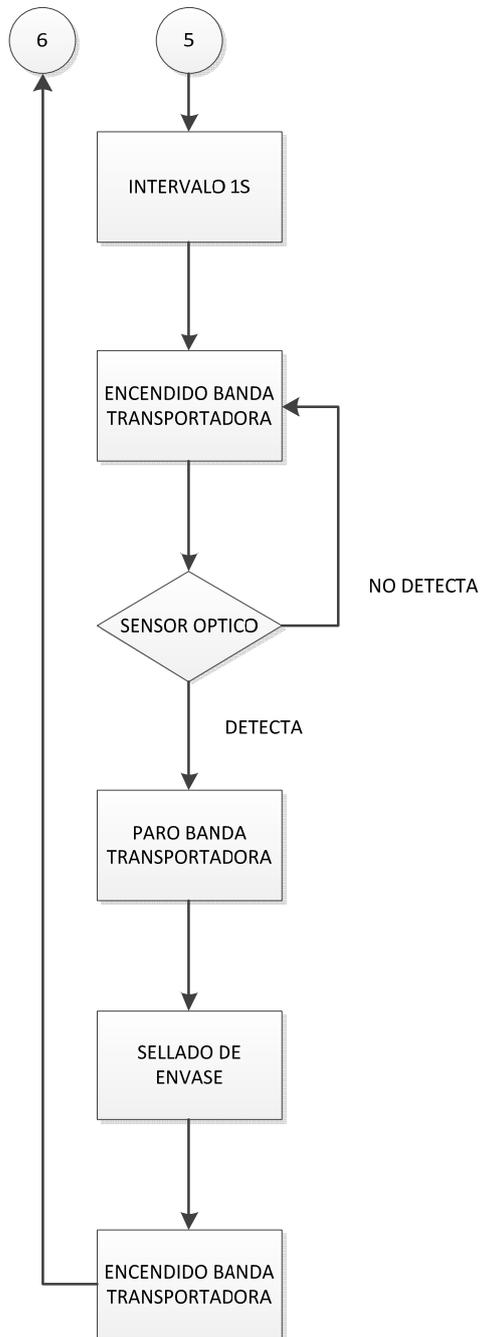


Figura VI.61:Diagrama proceso envasado parte 2



**Figura VI.62:**Diagrama proceso envasado parte 3



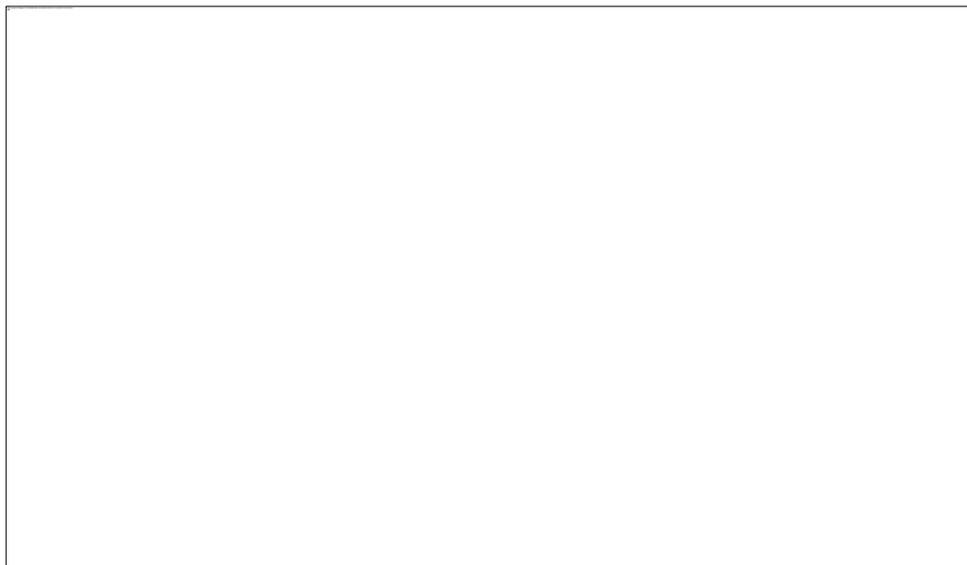
**Figura VI.63:**Diagrama proceso envasado parte 4



**Figura VI.64:**Pantalla de inicio

**Pantalla ADMINISTRADOR:**

Una vez ingresado el nombre, la contraseña y elegido el botón ADMINISTRADOR, se despliega automáticamente la pantalla ADMINISTRADOR, desde donde vamos a poder acceder a la pantalla del control automático de envasado, a la de registro de usuarios y a la de producción.



**Figura VI.65:**Pantalla de administrador

## **Pantalla CONTROL AUTOMATICO DE ENVASADO**

Desde la pantalla del Administrador o del Operador podemos acceder a la pantalla de CONTROL AUTOMATICO DE ENVASADO desde la que podemos monitorear y control el proceso de envasado.

### Envasado Automático:

Para comenzar con el envasado automático se debe tomar en cuenta poner el selector del tablero en funcionamiento AUTOMÁTICO, que deben existir tapas en el dosificador de tapas, también yogurt en el toldeo de mezcla, y tras elegir el tamaño a envasar realizamos las calibraciones de boquilla, ancho de banda y altura de dosificador de tapas, posteriormente elegimos la cantidad a ser envasada y el sabor de yogurt; mediante el pulsador de INICIO o el botón del mismo nombre en el HMI arrancamos el proceso inmediatamente.

El envasado automático empieza con la colocación de los envases en la banda transportadora por parte del operador, el envase es transportado hasta ser detectado por el sensor óptico y detiene la banda transportadora en la posición correcta, seguidamente se procede a la apertura automática de la electroválvula de yogurt.

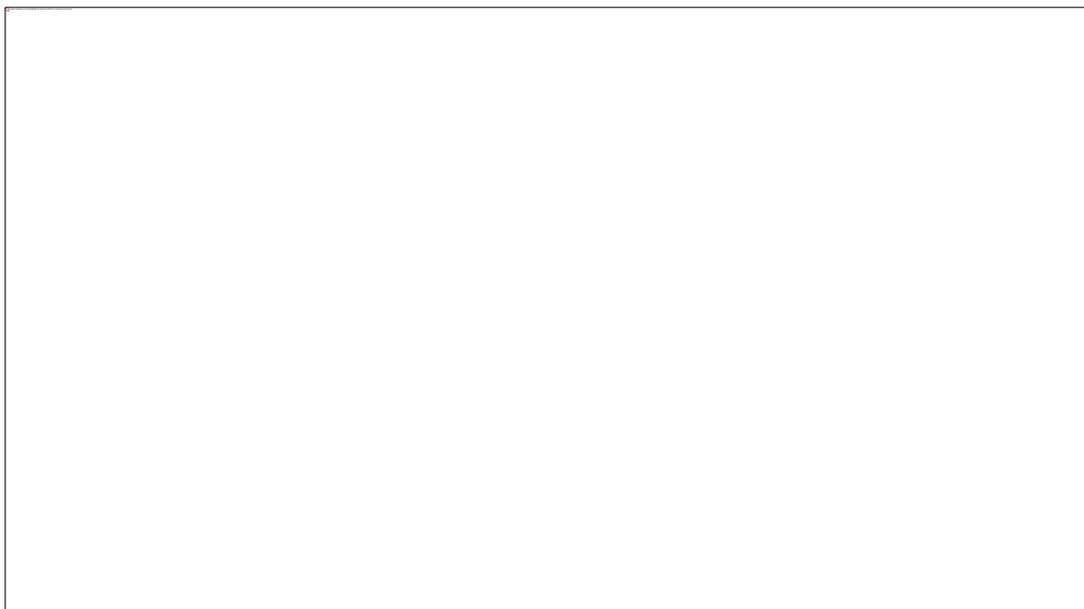
Una vez que el yogurt está siendo dosificado el sensor de peso determina la cantidad adecuada antes de cerrar la electroválvula. Después de un segundo del cierre automático de la electroválvula de yogurt, la banda transportadora se enciende nuevamente transportando el envase hasta la etapa de dosificador de tapas, donde el sensor determina la posición correcta y el cilindro actuador permite la caída de una sola tapa a la vez, después de concluida esta

etapa y tras esperar un segundo la banda transportadora se vuelve a encender transportando el envase hasta la etapa de sellado.

En esta etapa otro sensor óptico es el encargado de detener la banda y dar paso al cilindro actuador el cual ejerce presión sobre la tapa sellando el envase, después de un segundo la banda transportadora se vuelve a encender depositando el yogurt envasado y registrado en la canastas para ser transportados al cuarto frío.

Un control adicional que tiene este proceso es el de nivel de yogurt en el toldo de mezcla, este control se lo realizó con el fin de que el control automático de envasado detenga su proceso al determinar que no existe yogurt en el toldo disponible para ser envasado.

Este proceso se lo puede detener en cualquier instante con el botón de PARO DE EMERGENCIA, o detenerlo con al final del proceso al pulsar PARO.



**Figura VI.66:**Pantalla de control automático de envasado

### **Pantalla REGISTRO DE USUARIOS**

Desde la pantalla del Administrador podemos acceder a la pantalla de CONTROL AUTOMATICO DE ENVASADO desde la que podemos obtener los datos del usuario es decir su nombre fecha y hora de ingreso.



**Figura VI.67:**Pantalla de registro de usuarios

### **Pantalla PRODUCCIÓN**

Desde la pantalla del Administrador podemos acceder a la pantalla de PRODUCCIÓN desde la que podemos obtener los datos de producción como tamaño de envase, cantidad envasada, sabor, fecha y hora.

PRODUCCION ENVASE 4000cm3			
CANTIDAD	SABOR	FECHA	HORA

PRODUCCION ENVASE 1000cm3			
CANTIDAD	SABOR	FECHA	HORA

PRODUCCION ENVASE 2000cm3			
CANTIDAD	SABOR	FECHA	HORA

PRODUCCION ENVASE 200cm3			
CANTIDAD	SABOR	FECHA	HORA

LACTEOS MARCO'S

REGRESAR

**Figura VI.68:**Pantalla de registro de producción

### 6.3PRESUPUESTO

A continuación se detallan los costos que involucran la implementación del control automático de envasado para controlar y monitorear el proceso de envasado de en la planta de LÁCTEOS MARCO'S. Cabe destacar que se han seleccionado los mejores elementos y equipos eneste presupuesto, teniendo así en cuenta que los costos se pueden reducir si se deseaaquirir elementos y equipos de otros fabricantes.

Como se observa en la Tabla VI.8 el presupuesto estimado para la implementación del control automático de envasado para optimizar el proceso de producción de yogurt en la planta de LÁCTEOS MARCO'S, tiene un costo de:

**5265,02 USD**

Ítem	Descripción	Marca	Modelo	Cant.	Precio Unit.	Precio Total
1	Botón Pulsador Rasante Verde	Schneider	XB4BA31	1	11,44	11,44
2	Botón Pulsador Rasante Rojo	Schneider	XB4BA42	1	11,44	11,44
3	Parada de emergencia y botón pulsador tipo Hongo	Schneider	XB4BT42	1	27,27	27,27
4	Luce Piloto de Señalización Verde 24V DC	Schneider	XB7EV03BP	1	11,13	11,13
5	Luce Piloto de Señalización Rojo 24V DC	Schneider	XB7EV04BP	1	11,13	11,13
6	Selector estándar 2 posiciones fijas 1 NA	Schneider	XB7ED21P	1	9,86	9,86
7	Sensor de nivel electromagnético de montaje lateral	Euroswitch	P500P	1	22,00	22,00
8	Sensor optico	Ibest	PES-D12NO10D	3	69,00	207,00
9	Sensor magnetico	Airtac	CS1-U	4	28,00	112,00
10	Sensor de peso	Tedea-Huntleigh	Model 1022	1	90,00	90,00
11	Electroválvula de bola en acero inoxidable	Baureihe	AKE 168E	1	710,00	710,00
12	Cilindro de simple efecto	Airtac	SERIE MSA	1	50,34	50,34
13	Cilindro compacto de simple efecto	Airtac	SERIE SSAS	1	31,68	31,68
14	Valvula neumatica con selenoide 3/2	Airtac	SERIE 3V1	2	35,00	70,00
15	Unidad de mantenimiento	Airtac		1	35,00	35,00
16	Valvula de cierre	Airtac		1	12,00	12,00
17	Motor trifasico	Weg	W21	1	169,00	169,00
18	Variador de velocidad	Schneider	ATV12H018M2	1	259,76	259,76
19	Breaker	Schneider	GB2CB07	2	19,60	39,20
20	PLC SIEMENS S7 1200 CPU 1214C AC/DC/RLY			1	472,13	472,13
21	Rollo de cable flexible AWG #18 de 600V			1	24,00	24,00
22	Tablero de control metálico			1	50,00	50,00
23	Conectores, sujetadores y demás				100,00	100,00
24	Mano de obra de la plomería				150,00	150,00
25	Elementos para la instalcion de toma de aire				100,00	100,00
26	Mano de obra instalación toma de aire				150,00	150,00
27	Elementos para construccion de armazon y banda trasportadora				200,00	200,00
28	Mano de obra construcción				150,00	150,00
29	Mano de obra instalación eléctrica e ingeniería				1500,00	1500,00
	<b>SUBTOTAL USD</b>					<b>4786,38</b>
	<b>10% de valor agregado de seguridad</b>					<b>478,638</b>
	<b>TOTAL USD</b>					<b>5265,02</b>

**Tabla VI.IX: Presupuesto**

#### **6.4 ANÁLISIS DE COSTOS Y RESULTADOS**

Tras haber realizado el diseño y simulación del control automático de envasado descrito detalladamente en el anterior ítem se pudo determinar los beneficios que conllevaría la implementación del mismo, tales como:

1. Se destaca que el costo total de implementación bordea los 6.000 dólares norteamericanos, que desde el punto de vista económico representa un ahorro del 50% con respecto a maquinarias existentes en el mercado, cabe mencionar que dichas maquinarias al ser producidas en masa no tienen la capacidad de adaptarse a todos los requerimientos de la empresa, puesto que el modelo “Líquidos de pistones con banda” de la empresa ECUAPACK presenta como principal falencia la capacidad de adaptación a las diferentes presentaciones de envase con las cuales la empresa trabaja.

Al identificar esta discapacidad el equipo “Líquidos de pistones con banda” no representaría una inversión para la empresa LACTEOS MARCO'S puesto que la producción de yogurt varia mucho en cuanto a tamaños de envase.

Al comparar el diseño con una maquina existente de mejores características y que cumpla con todas las necesidades de la empresa como el equipo “Llenadora Tri-block líquidos botellas LTB-3000” de le empresa ECUAPACK,se encuentra como principal factor en contra que el costo del equipo bordea los 20.000 dólares norteamericanos, representando un aumento del 330% en el costo total.

2. Como beneficio directo para la empresa, al tratarse de un equipo automático en su mayoría salvo el dispensado de envases que se lo realiza de forma manual, la calibración de la altura del dispensado de tapas, la elección del tamaño de la boquilla, y la regulación del ancho de banda para cada presentación de envase; conlleva al aumento de producción puesto que, como se analizó en el Capítulo II con respecto a los tiempos de envasado de forma manual y como es verdad al no realizar una implementación no se puede determinar el tiempo real de envasado pero gracias a la simulación presentada se pudo determinar un tiempo de referencia con una disminución de 1 a 2 segundos de envasado en cada presentación.

Si bien es cierto la optimización de tiempos se verá reflejada en la cantidad de producción diaria y/o mensual puesto que al tratarse de una máquina esta no presenta cansancio físico ni mental, esta libre de distracciones y puede trabajar por tiempo indefinido.

3. Como se había mencionado en el Capítulo II el proceso existente de envasado manual requería de 2 a 3 empleados, con la implementación del control automático de envasado se asegura la intervención como máximo de un empleado que ponga en marcha el equipo, dosifique los envases y realice demás calibraciones manuales, representando así un ahorro para la empresa en cuanto a mano de obra.

Dejando muy en claro que el control automático de envasado no pretende sustituir a los empleados, al contrario pueden ser reubicados donde sea necesaria su mano de obra reduciendo así la carga laboral de cada uno.

4. Al controlar automáticamente la etapa de llenado solucionamos dos de los problemas analizados en el Capítulo II causados por un envasado manual, estos eran:
  - a) La cantidad justa de producto envasado.
  - b) El derrame producido por la mala ubicación de la válvula manual.

Al ser el producto el que está siendo desperdiciado se genera una pérdida económica directa para la empresa, es por esto que gracias al control automático de envasado podemos determinar la cantidad justa de producto dosificado para cada presentación evitando llenar por demás de la cantidad o al contrario llenando menos por el nivel perjudicando de esta manera al cliente.

Además al tener una electroválvula con las características mencionadas anteriormente y colocada en la posición correcta se elimina el derrame por completo.

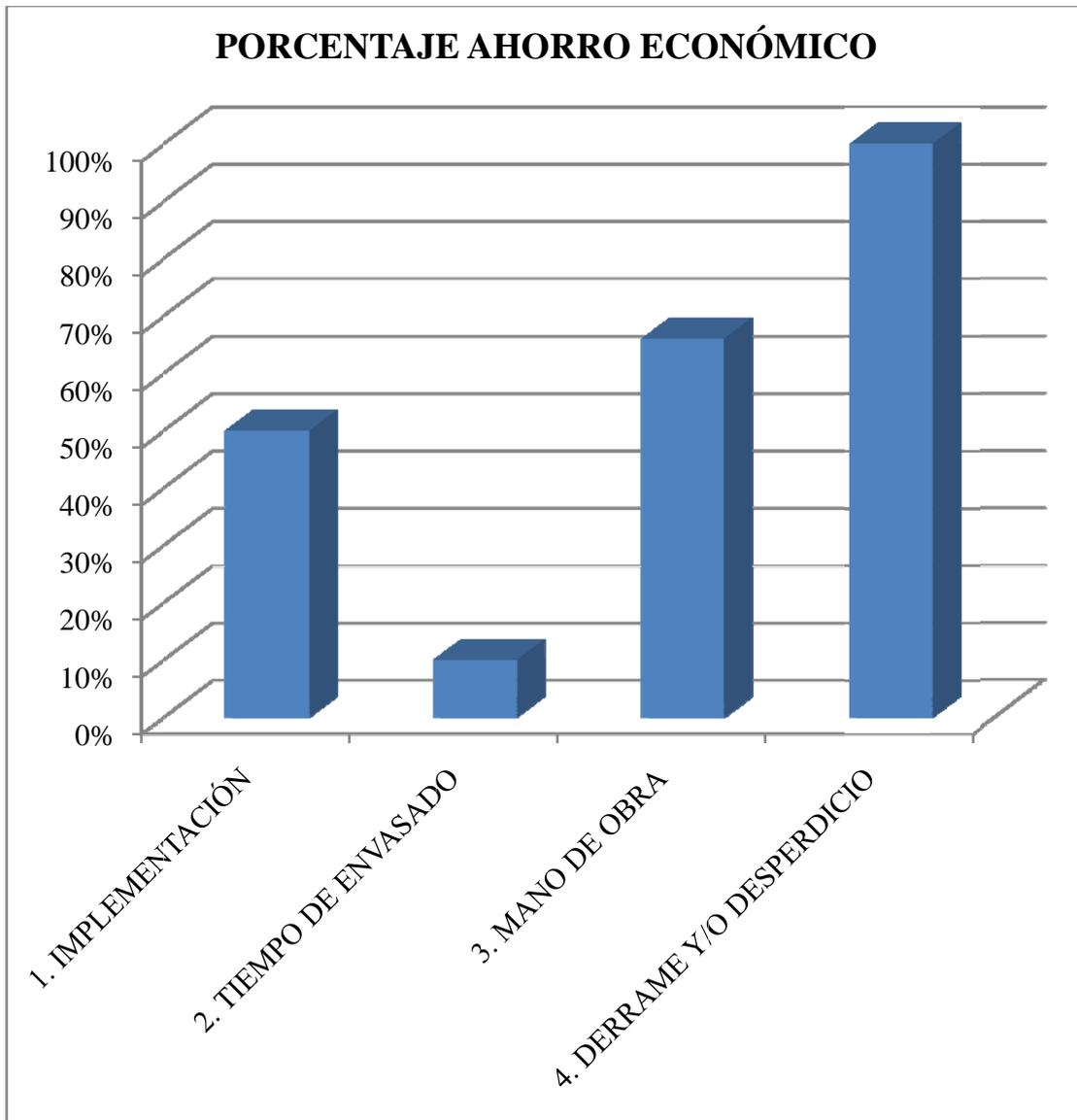
5. Otro de los problemas solucionados tiene que ver con la comodidad del empleado pues actualmente para el sellado de los envases es necesario de la fuerza física ejercida por el empleado como se había mencionado en el Capítulo II, con el control

automático de envasado el empleado no interviene en ninguna de las etapas posteriores a la dosificación de envase, es decir con la automatización de la dosificación de tapas y el sellado posterior gracias al cilindro neumático el envase quedará completamente sellado.

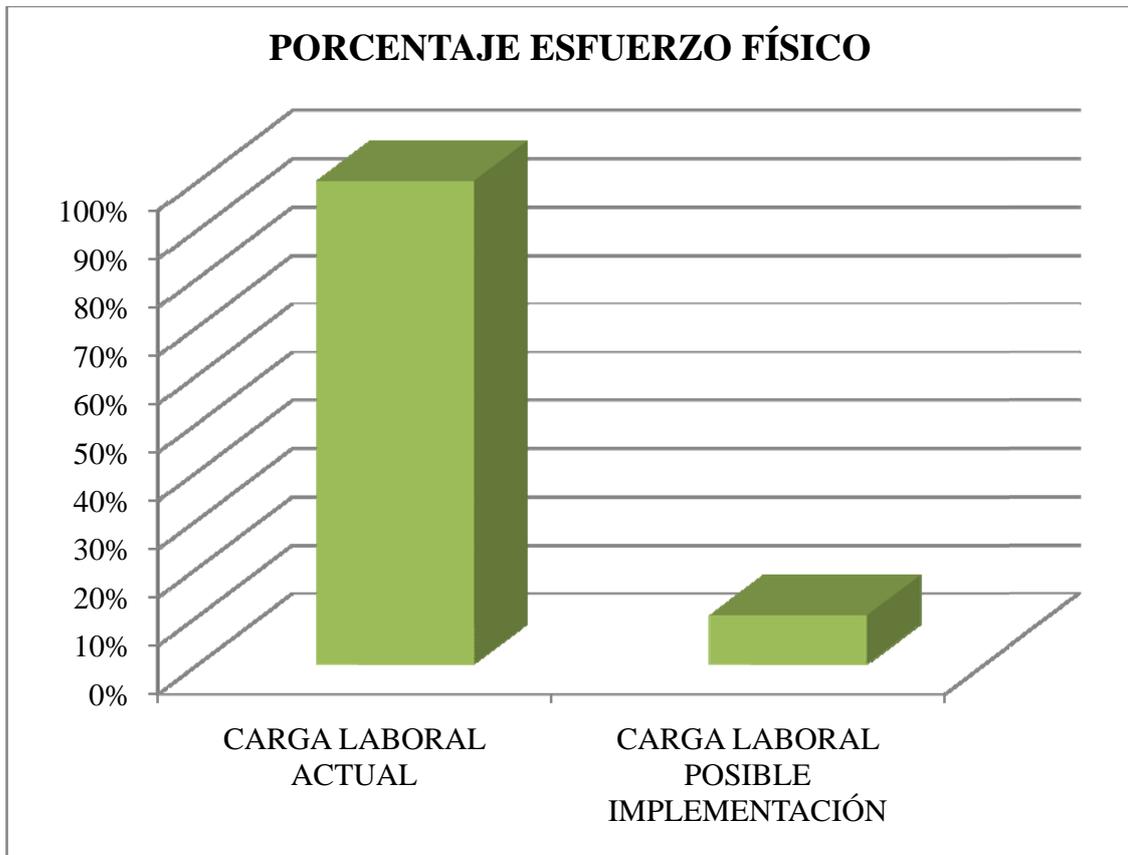
6. Como último punto y sin restarle importancia es la etapa de registro de producción que como se mencionó se realiza de forma manual, quitándole tiempo valioso al empleado. Para eliminar este impráctico método de registro el control automático de envasado genera una base de datos de la producción, archivos que son almacenados en el disco duro de la computadora designada para tal motivo, facilitando de esta forma un registro de usuarios y producción por cantidad, sabor, tamaño de presentación de envase, fecha, y hora.

Es así que a continuación se presenta de forma gráfica los resultados obtenidos, ver Figuras VI.69, VI.70

Según el MÉTODO DEDUCTIVO con el que realizamos esta tesis y el aporte del ítem Análisis de Costos y Resultados, concluimos que nuestro trabajo realizado cumple satisfactoriamente con los objetivos buscados.



**Figura VI.69:** Porcentaje de ahorro económico



**Figura VI.70:** Porcentaje carga laboral

## CONCLUSIONES

- Gracias al análisis del proceso actual de envasado de yogurt existente en la planta de LÁCTEOS MARCO'S, se pudo determinar las principales necesidades y falencias existentes en la empresa.
- Se realizó un diseño exhaustivo tomando en cuenta todas las carencias de la empresa satisfaciendo cada una de ellas.
- Con la ayuda de software especializado en simulación de procesos industriales se pudo representar de mejor manera tanto el equipo como el funcionamiento del control automático de envasado de yogurt.
- Se analizó la factibilidad económica del diseño propuesto en comparación a equipos existentes en el mercado obteniendo excelentes resultados con un ahorro del 50 hasta el 300%.

## RECOMENDACIONES

- Es aconsejable actualizar los procesos de producción en base a la utilización de nuevas tecnologías para disminuir las actividades que no agregan valor al producto, y así lograr que la empresa pueda desarrollarse sin ninguna limitación llegando a satisfacer de mejor manera las necesidades y requerimientos de los clientes.
- La inocuidad del producto es un factor muy importante que se debe tener en cuenta en cada etapa del proceso de producción, por lo tanto es necesario prestar mucha atención y cuidado con este parámetro en el momento de implementar algún nuevo sistema en el proceso.
- Realizar una secuencia de pasos ordenados en el diseño de cualquier tipo de automatización, para obtener un sistema automático de calidad y en menor tiempo, además de conocer detalladamente el proceso que va a ser automatizado, así como el funcionamiento de cada elemento que interviene en él, empapándose de toda la información necesaria por más elemental que sea.
- Para la implementación se aconseja cumplir con las normas de cableado y montaje de los equipos establecidos en las normas IEC 61131-3 y 61131-5. Esto es necesario debido a que estas normas además de establecer un modelo de implementación también han sido diseñadas para la seguridad de los equipos y de los operarios.

## **RESUMEN**

Diseño y simulación de un control automático de envasado en la empresa de Lácteos Marco's de la ciudad de Píllaro provincia de Tungurahua.

Mediante el método deductivo se diseñó y simuló el control automático de envasado de yogurt tomando en cuenta las necesidades empresariales halladas por medio de un análisis de situación actual. Para el diseño de conexiones eléctricas se utilizó el software CAdE\_SIMU. Así mismo, se determinó la disposición y tamaños de cada equipo ubicados en el tablero de control como el PLC, variador de frecuencia y breaker de protección con la ayuda del programa Autocad. La simulación física y virtual se realizó usando el software LABview y 3D MAX respectivamente.

Como resultados, el control automático de envasado satisface todas las necesidades que requiere la empresa, optimizando la producción de manera que se elimina el desperdicio y derrame existente en un 100%, representa un ahorro del 50% ante una posible implementación y reduce la carga laboral para los empleados en un 90%.

Se concluye que un análisis previo al diseño y simulación fue el punto principal de partida para optimizar el proceso de envasado, logrando sacar el máximo provecho al equipo, reduciendo así costos frente a otros equipos de similar funcionamiento del mercado industrial ecuatoriano.

Se recomienda a operarios y técnicos encargados tener un plan de mantenimiento preventivo del control automático de envasado de yogurt con el objeto de prolongar la vida útil del equipo.

## **ABSTRACT**

The design and simulation of automatic control packaging in the dairy company Marco's in Píllaro city Tungurahua Province.

Through the deductive method was designed and simulated automatic control packing of yogurt considering business needs found through an analysis of current situation. For electrical connection design software was used CADe\_sIMU. Also, it was determined the arrangement and size of each equipment located in the control panel and the PLC, frequency inverter and breaker protection with the help of Autocad program. The physical and virtual simulation was performed using the software 3D LABview and MAX respectively.

As a result, the automatic control of packing satisfies all the needs required by the company, optimizing production in a way that eliminate waste and existing spill by 100%, representing a saving of 50% to a possible implementation and reduces the labor load for employed by 90%

We conclude that a preliminary analysis and simulation design was the main starting point to optimize the packaging process, managing to take full advantage to the team, thus reducing cost against other teams like Ecuadorian functioning industrial market.

It is recommended that operators and technicians in charge keep a maintenance plan preventive automatic control yogurt packing in order to extend the life of the equipment.

## **GLOSARIO**

- YOGURT:** Es un producto lácteo coagulado obtenido por fermentación láctica, a partir de leche pasteurizada entera.
- INTERFAZ:** Conexión e interacción entre hardware, software y usuario, es decir como la plataforma o medio de comunicación entre usuario o programa.
- FEEDBACK:** Realimentación o retroalimentación.
- SCADA:** Supervisory Control And Data Acquisition. Es un sistema basado en computadores o PLC's que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando el proceso de forma automática por medio de la programación en un software especializado.
- MODBUS:** Protocolo de comunicación industrial.
- OPC SERVER:** Es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, basado en una tecnología Microsoft, que ofrece una interfaz común para comunicación que permite que componentes software individuales interaccionen y compartan datos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1. BOLTON, W.,** Mecatrónica Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica., México DF- México., Alfaomega., 2010., Pp 120-145.
- 2. CHASE, R.,** Administración de la Producción., México DF- México., Graw Hill., 2005., Pp 65-78.
- 3. DORF, R. Y BISHOP, R.,** Sistemas de control moderno., 10a. ed., Madrid-España., Pearson Educación S.A., 2010., Pp 44-50.
- 4. ESPAÑOLA, R. A.,** Diccionario Práctico., Madrid-España., Santillán., 2006., Pp 127-205.
- 5. GARCÍA, E.,** Automatización de Procesos Industriales., México DF-México., Alfaomega., 2001., Pp 88-102.

- 6. MARTÍNEZ, V.,** Automatización Industrial Moderna., Medellín-Colombia., Alfaomega., 2001., Pp 17-22
- 7. MEDINA, J. Y GUADAYOL, J.,** La Automatización en la Industria Química., Barcelona-España., UPC., 2010., Pp 25-47.
- 8. NIEBEL, B.,** Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo., México DF-México., Alfaomega., 2006., Pp 45-58.
- 9. PIEDRAFITA, R.,** Ingeniería de la Automatización Industrial., México DF-México., Alfaomega., 2004., Pp 67-89.

**10. EL ABC DE LA AUTOMATIZACION**

<http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/hmi.pdf>

2013-09-1

**11. FABRICACIÓN DE PRODUCTOS LÁCTEOS**

[http://www.produccionlimpia.cl/medios/Guia\\_Lacteos.pdf](http://www.produccionlimpia.cl/medios/Guia_Lacteos.pdf)

2013-09-10

**12. NUTRICIÓN, S. A.**

[http://sanutricion.org.ar/charla\\_lacteosyderivados.pdf](http://sanutricion.org.ar/charla_lacteosyderivados.pdf)

2013-09-10

# **ANEXOS**

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE  
YOGURT



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES  
INDUSTRIALES**

**MANUAL DE USUARIO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DEL  
PROCESO DE ENVASADO DE YOGURT EN LA PLANTA DE LÁCTEOS  
MARCO'S**

**TESIS DE GRADO**

**Previo a la obtención del título de**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

**Presentado por:**

**DAVID TRAJANO BASANTES MONTERO**

TABLA DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	148
NORMAS DE SEGURIDAD .....	148
<b>SEGURIDAD GENERAL:</b> .....	<b>148</b>
<b>SEGURIDAD ELÉCTRICA:</b> .....	<b>149</b>
SEGURIDAD DE ACCESO: .....	150
IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y PARTES .....	150
<b>Tablero Central de Control:</b> .....	<b>151</b>
<b>Panel frontal del tablero central de control:</b> .....	<b>152</b>
<b>Instrumentos y Equipos del Proceso de Envasado:</b> .....	<b>153</b>
FUNCIONAMIENTO .....	154
<b>Funcionamiento automático</b> .....	<b>154</b>
1. <b>Etapa de Llenado:</b> .....	<b>155</b>
2. <b>Etapa de dosificado de tapas:</b> .....	<b>156</b>
3. <b>Etapa de sellado:</b> .....	<b>156</b>
<b>Control Manual:</b> .....	<b>157</b>
<b>Monitoreo y control desde el HMI:</b> .....	<b>157</b>
1. <b>Ingreso:</b> .....	<b>158</b>
2. <b>Selección de Pantallas:</b> .....	<b>160</b>

## **INTRODUCCIÓN**

El control automático para el proceso de envasado de yogurt; permitirá manejar automáticamente el proceso de llenado, sellado, conteo y registro de las diferentes presentaciones de envases de yogurt. Además de tener la capacidad de funcionamiento manual de cada uno de los elementos que componen el control.

El monitoreo de los procesos se lo podrá observar en la computadora central que se encuentra en las oficinas administrativas; este monitoreo permitirá visualizar el funcionamiento de cada uno de los equipos.

## **NORMAS DE SEGURIDAD**

Para prevenir todo riesgo y evitar cualquier tipo de accidente se deben tomar muy en cuenta las siguientes normas de seguridad:

### **SEGURIDAD GENERAL:**



La seguridad es importante. No deje de informar acerca de cualquier anomalía durante la puesta en marcha o el funcionamiento de la máquina. Informe si:

- **OYE** golpes, compresiones, escapes de aire o cualquier otro ruido poco común.

- **HUELE** aislante quemado, metal caliente, goma quemada, aceite quemado, o gas natural.
- **SIENTE** cambios en el funcionamiento del equipo.
- **VE** problemas en las conexiones y los cables, en las conexiones neumáticas o en otros equipos.
- **INFORME** sobre cualquier cosa que vea, sienta, huelga u oiga que pueda ser insegura o diferente de lo esperado.

### **SEGURIDAD ELÉCTRICA:**



Es necesario asegurarse que los cables de alimentación tengan una conexión adecuada a tierra. Es importante tener en cuenta que trabaja en un ambiente húmedo con instrumentos eléctricos.

- La conexión adecuada a tierra disminuye el peligro de recibir una descarga eléctrica.
- Inspeccione frecuentemente los cables de alimentación y la unidad para asegurarse de que no estén dañados. Los componentes que estén dañados deben ser reemplazados o reparados por un técnico especializado.
- No mueva los instrumentos eléctricos tirando de sus cables.

**AVISO:** Desconecte la máquina de la fuente de alimentación antes de realizar cualquier tarea de mantenimiento o de calibración.

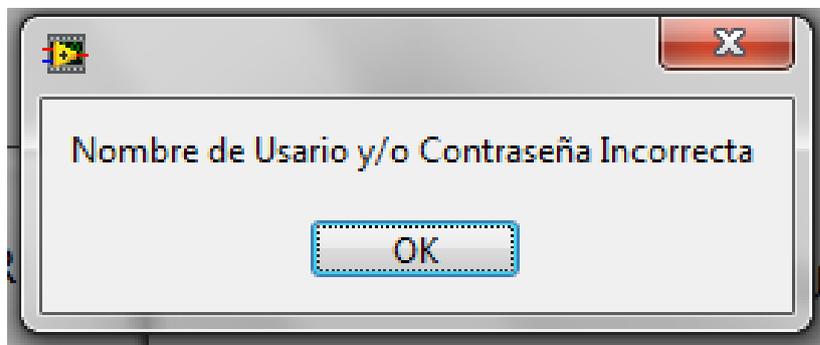
### **SEGURIDAD DE ACCESO:**

Como todo sistema, el control automático de envasado debe presentar seguridad tanto para el operador como para el administrador, así prevenir el mal uso del equipo; es por esta razón que se ha decidido la implementación de un control de acceso por medio de contraseñas previstas a continuación:

Operador: **operador1**

Administrador: **administrador1**

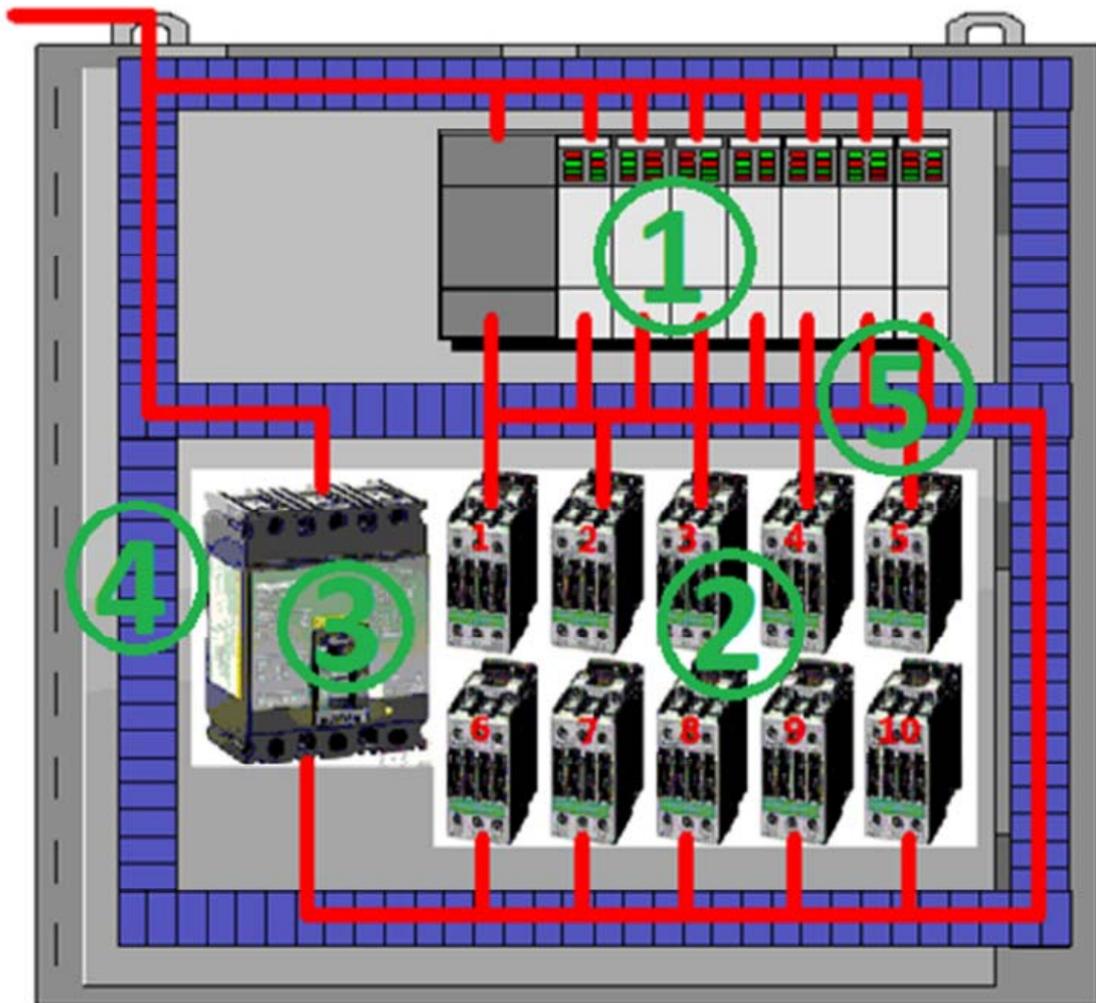
Cabe resaltar que el ingreso erróneo de la contraseña del operador y administrador o un nombre de usuario nulo impedirá el acceso mostrando el siguiente mensaje de error.



### **IDENTIFICACIÓN DE ELEMENTOS Y PARTES**

Este sistema de control automático centralizado cuenta de las siguientes partes, que se encuentran identificadas y detalladas en las siguientes figuras:

### Tablero Central de Control:



1. PLC con su respectivo módulo de ampliación.
2. Contactores que controlan y protegen los elementos actuadores.
3. Breaker general.
4. Canaletas plásticas para cubrir el cableado de conexión.
5. Cableado de conexión.

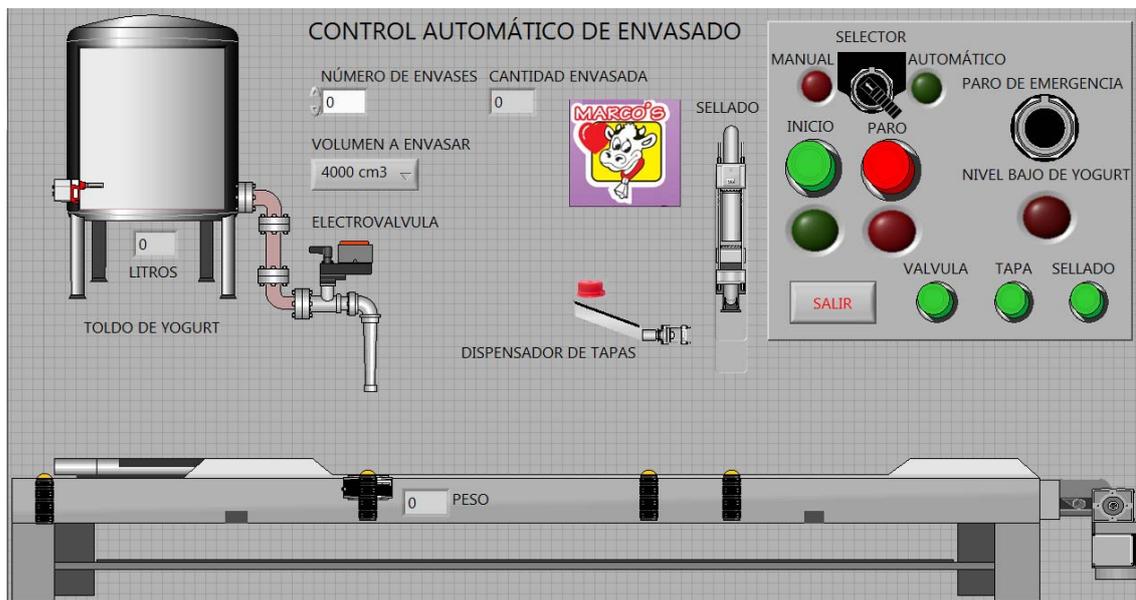
**Panel frontal del tablero central de control:**



1. Selector funcionamiento automático-manual.
2. Luz indicadora funcionamiento manual.
3. Luz indicadora funcionamiento automático.
4. Pulsador de inicio de envasado automático.

5. Pulsador de paro de envasado automático (finaliza el proceso antes de parar).
6. Paro de emergencia (para en cualquier etapa del proceso).
7. Luz indicadora inicio del proceso de envasado.
8. Luz indicadora paro del proceso de envasado.
9. Luz indicadora de alarma sin yogurt.
10. Pulsador de llenado manual.
11. Pulsador de dosificación de tapa manual.
12. Pulsador de sellado manual.

### Instrumentos y Equipos del Proceso de Envasado:



1. Motor de banda transportadora.
2. Sensores ópticos.
3. Sensor de peso o célula de carga.
4. Cilindro dispensador de tapas.
5. Cilindro sellador.

6. Sensor nivel de yogurt.
7. Electroválvula de yogurt.

## FUNCIONAMIENTO

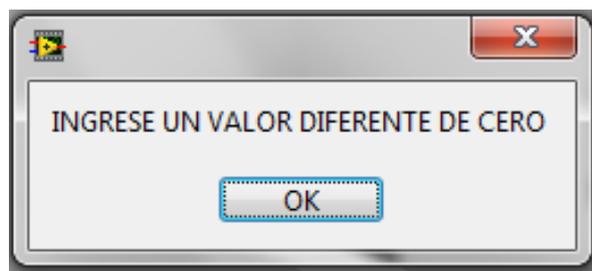
El control automático de envasado esta diseñado para trabajar con 4 tipos de presentaciones que son:

- 200 cm<sup>3</sup>
- 1000 cm<sup>3</sup>
- 2000 cm<sup>3</sup>
- 4000 cm<sup>3</sup>

### Funcionamiento automático

Para proceder con el funcionamiento automático de la envasadora de yogurt, es necesario primeramente verificar los siguientes aspectos importantes.

- Verificar que la luz indicadora de alarma sin yogurt este apagada.
- Verificar si existe tapas en el dosificador de tapas.
- En el panel frontal del HMI elegir la cantidad de envases a ser llenados y sellados, la cantidad ingresada debe ser necesariamente diferente de cero, caso contrario aparecerá el siguiente mensaje de error.



El envasado automático, no arrancará si antes corregir este error.

- En el panel frontal del HMI elegir el tamaño de presentación de envase a ser llenado y sellado.
- Calibrar los rieles al ancho del envase a utilizar, para evitar su caída.
- Calibrar la altura del dispensador de tapas según el envase a utilizar.

Posteriormente cabe mencionar que el control automático de envasado posee tres etapas de funcionamiento detalladas a continuación:

### **1. Etapa de Llenado:**

- En el panel frontal del tablero central de control se debe poner el selector de funcionamiento de manual-automático en la posición de automático; encendiéndose así la luz indicadora que está en funcionamiento automático.
- Presionar el botón de inicio para que la banda transportadora empiece a funcionar; la luz indicadora de inicio de envasado automático se encenderá mientras todo el proceso se encuentre en funcionamiento.
- El sensor óptico se encargará de determinar la posición correcta y detener el envase justo debajo de la boquilla de racionamiento de yogurt.
- La cantidad justa de yogurt será determinada a través del sensor de peso que al señalar el peso de la presentación de envase seleccionado cerrará la válvula de racionamiento de yogurt.

- La banda transportadora se vuelve a encender después de 1 segundo.

## **2. Etapa de dosificado de tapas:**

- El sensor óptico se encargara de determinar la posición correcta y detener el envase justo debajo de la rampa de racionamiento de tapas.
- El cilindro se encargara de dejar pasar una tapa a la vez.
- La banda transportadora se vuelve a encender después de 1 segundo.

## **3. Etapa de sellado:**

- El sensor óptico se encargara de determinar la posición correcta y detener el envase justo debajo del cilindro de sellado.
- El cilindro actuará bajando hasta sellar por el envase.
- La banda transportadora se vuelve a encender después de 1 segundo.

## **Notas:**

- Para detener el proceso en cualquier momento, solo es necesario presionar el botón PARO DE EMERGENCIA.
- Si el botón de PARO es accionado el proceso se detendrá tras finalizar la última etapa.
- Tomar muy en cuenta que si el toldo se queda sin yogurt se va activar la luz indicadora de alarma sin yogurt, y el proceso de envasado se detendrá automáticamente.

- Cuando el selector de funcionamiento manual-automático se encuentren automático, los pulsadores de funcionamiento manual de los diferentes equipos no funcionaran.

### **Control Manual:**

Para poder controlar manualmente cada uno de los equipos, se deben seguir los pasos siguientes:

- En el panel frontal del tablero central de control se debe poner el selector defuncionamiento de manual-automático en la posición de manual; encendiéndose así la luz indicadora que está en funcionamiento manual.
- Una vez en funcionamiento manual, se puede activar o desactivar cada uno de los equipos de la envasadora de acuerdo a las necesidades que se tenga.

### **Notas:**

- Cuando el selector de funcionamiento manual-automático se encuentren manual, los pulsadores de INICIO, PARO y PARO DE EMERGENCIA se desactivan.
- El funcionamiento manual esta diseñado específicamente para MANTENIMIENTO y CALIBRACION del equipo.

### **Monitoreo y control desde el HMI:**

Para el control y monitoreo del proceso de envasado de yogurt se debe correr el programa de Labview en la computadora de control central, previamente ya conectada y designada.

Una vez que el programa ya se encuentre corriendo y en funcionamiento hay que tener en cuenta los siguientes ítems para poder navegar y visualizar adecuadamente todo el proceso de envasado.

### 1. Ingreso:

Para poder acceder a las pantallas de visualización del proceso, se debe escribir el nombre de usuario y su contraseña, luego presionar el botón INGRESAR.

The screenshot shows a software interface for user control. At the top, there are three tabs: 'USUARIOS', 'INGENIEROS', and 'OPERADORES'. The main title is 'CONTROL DE USUARIOS'. Below this, there are two input fields: 'NOMBRE' and 'CONTRASEÑA'. To the right of the 'NOMBRE' field is a button labeled 'INGRESAR' with 'INGENIEROS' written above it. Below the 'CONTRASEÑA' field is a button labeled 'INGRESAR' with 'OPERADORES' written above it. To the left of the 'CONTRASEÑA' field is a button labeled 'SALIR'. At the bottom of the screen, it says 'LACTEOS MARCO'S' and features the Marco's logo, which is a cartoon cow with a red heart on its chest.

### Notas:

- Cada usuario tiene su respectiva contraseña, y de acuerdo al usuario que ingrese es decir INGENIERO u OPERADOR al sistema mostrar más opciones.

- Los operadores solo tendrán la posibilidad de controlar y monitorear el sistema, debido a que los botones de registro de usuarios y datos de producción desaparecerán.



- El administrador tendrá la posibilidad de controlar y monitorear el sistema, además podrá acceder a la pantalla de registro de usuarios y datos de producción respectivamente.



## 2. Selección de Pantallas:

Para poder acceder a la pantalla de control y monitoreo del control automático de envasado se debe hacer clic en OK del botón EMPEZAR.



Desde la pantalla del control automático de envasado podemos regresar a la pantalla del operador o del administrador respectivamente.



Para poder acceder a la pantalla de registro de usuarios se debe hacer clic en OK del botón REGISTRO DE USUARIOS.



Para regresar a la pantalla del administrador hacemos clic en el botón regresar.





Tras haber finalizado la producción establecida, revisar datos de producción y registro de usuarios presionamos en el botón salir para terminar con el monitoreo y control del sistema de envasado.

CONTROL DE USUARIOS

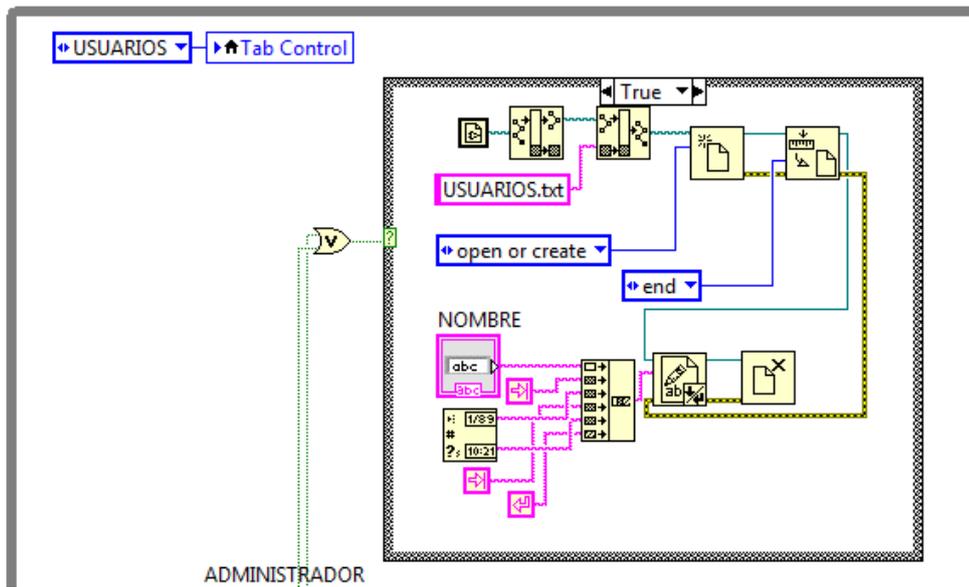
NOMBRE	ADMINISTRADOR
<input type="text"/>	<input type="button" value="INGRESAR"/>
CONTRASEÑA	
<input type="text"/>	OPERADORES
<input type="button" value="SALIR"/>	<input type="button" value="INGRESAR"/>

LACTEOS MARCO'S

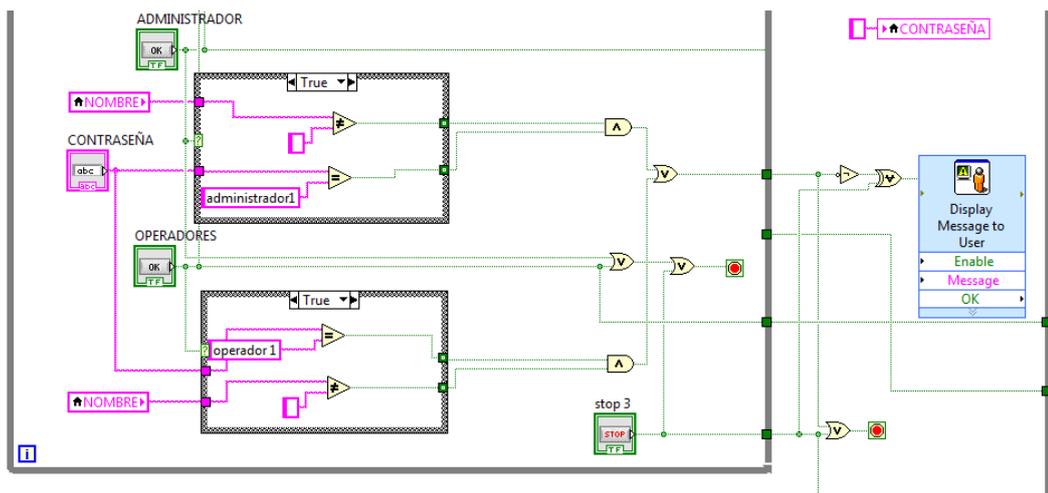


## ANEXO B

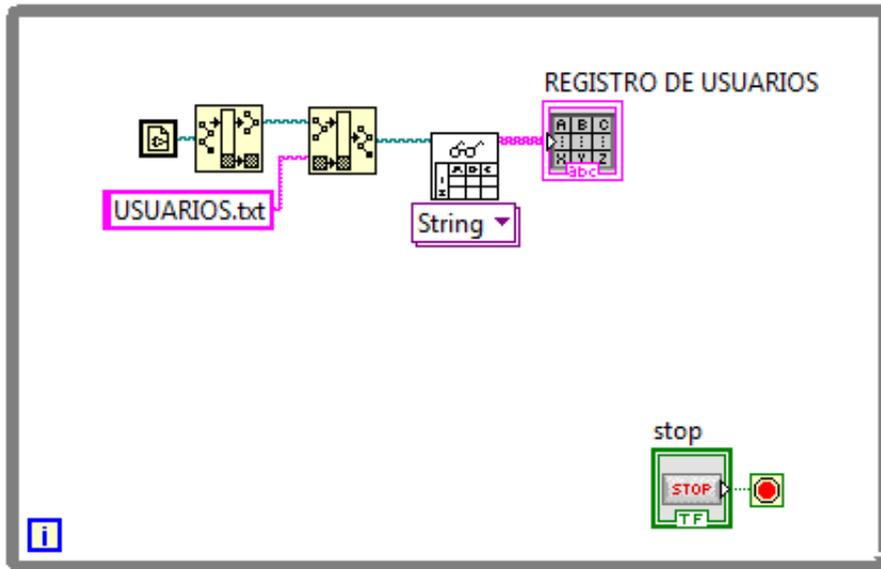
DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA PROGRAMACION DEL HMI  
DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE YOGURT



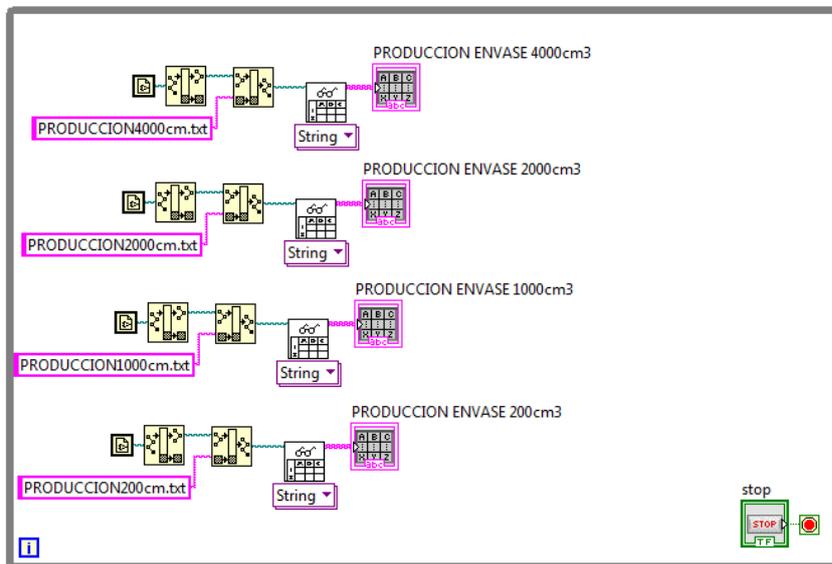
Bloques de registro y exportacion de usuarios.



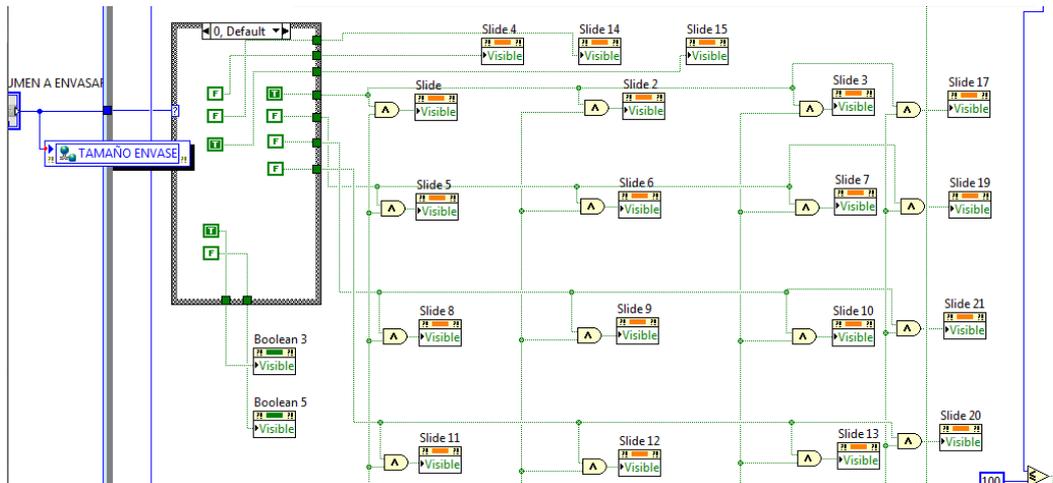
Bloques de control de usuarios



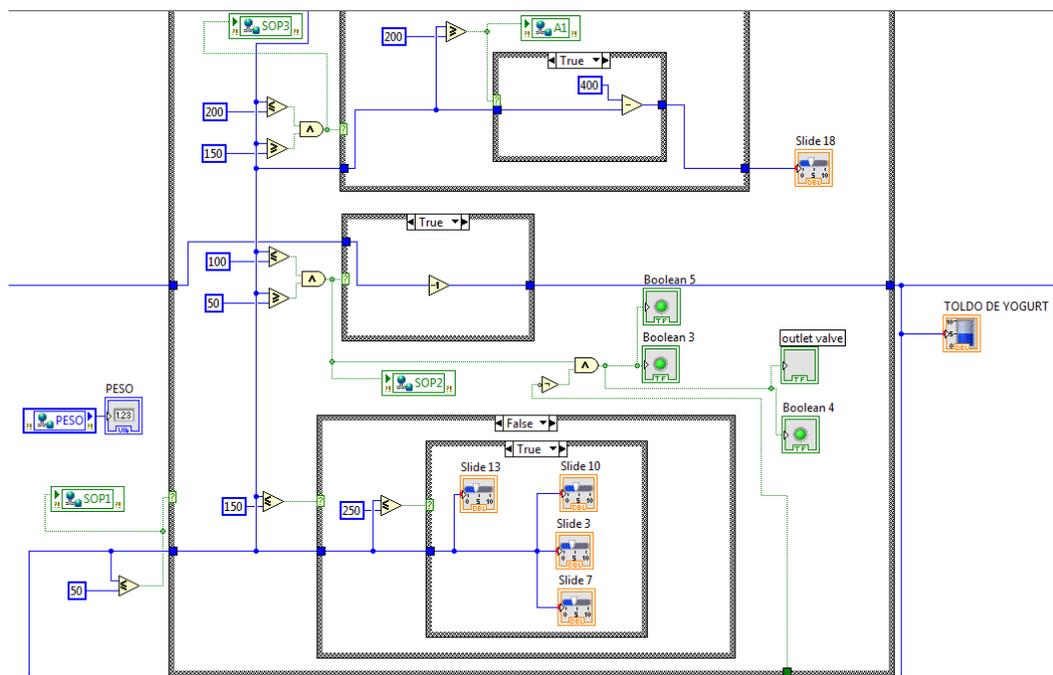
Bloques de importación de registro de usuarios



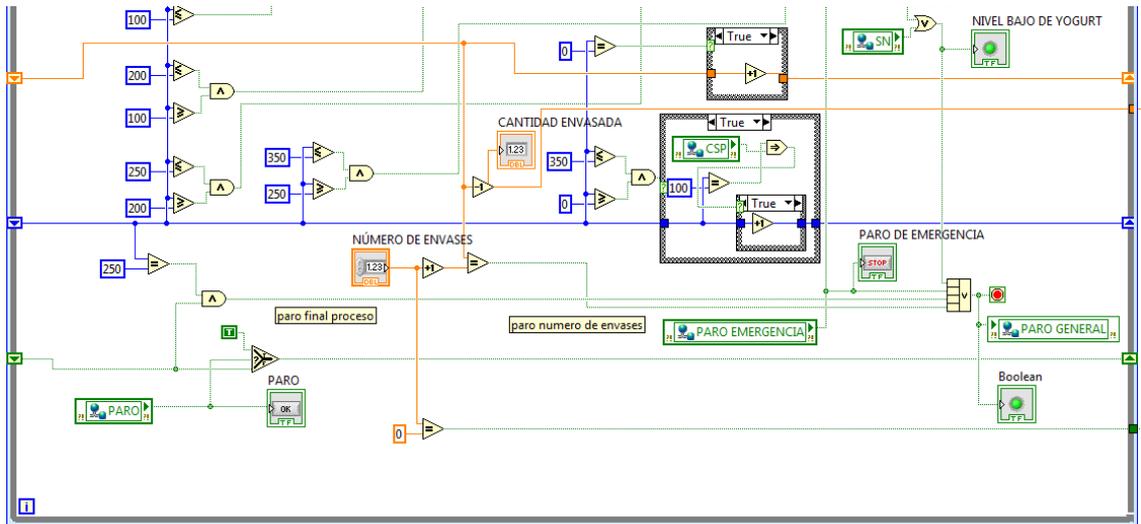
Bloques de importación de registro de produccion



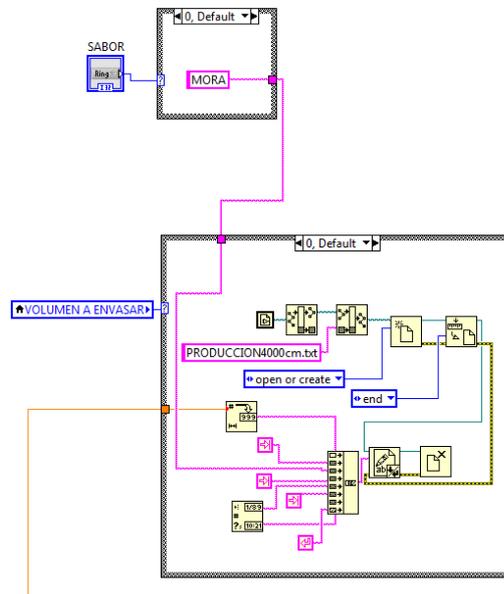
Bloques de control de visibilidad de envases y cilindros.



Bloques de desplazamiento de envases y cilindros



Bloques de contador y sensor de peso



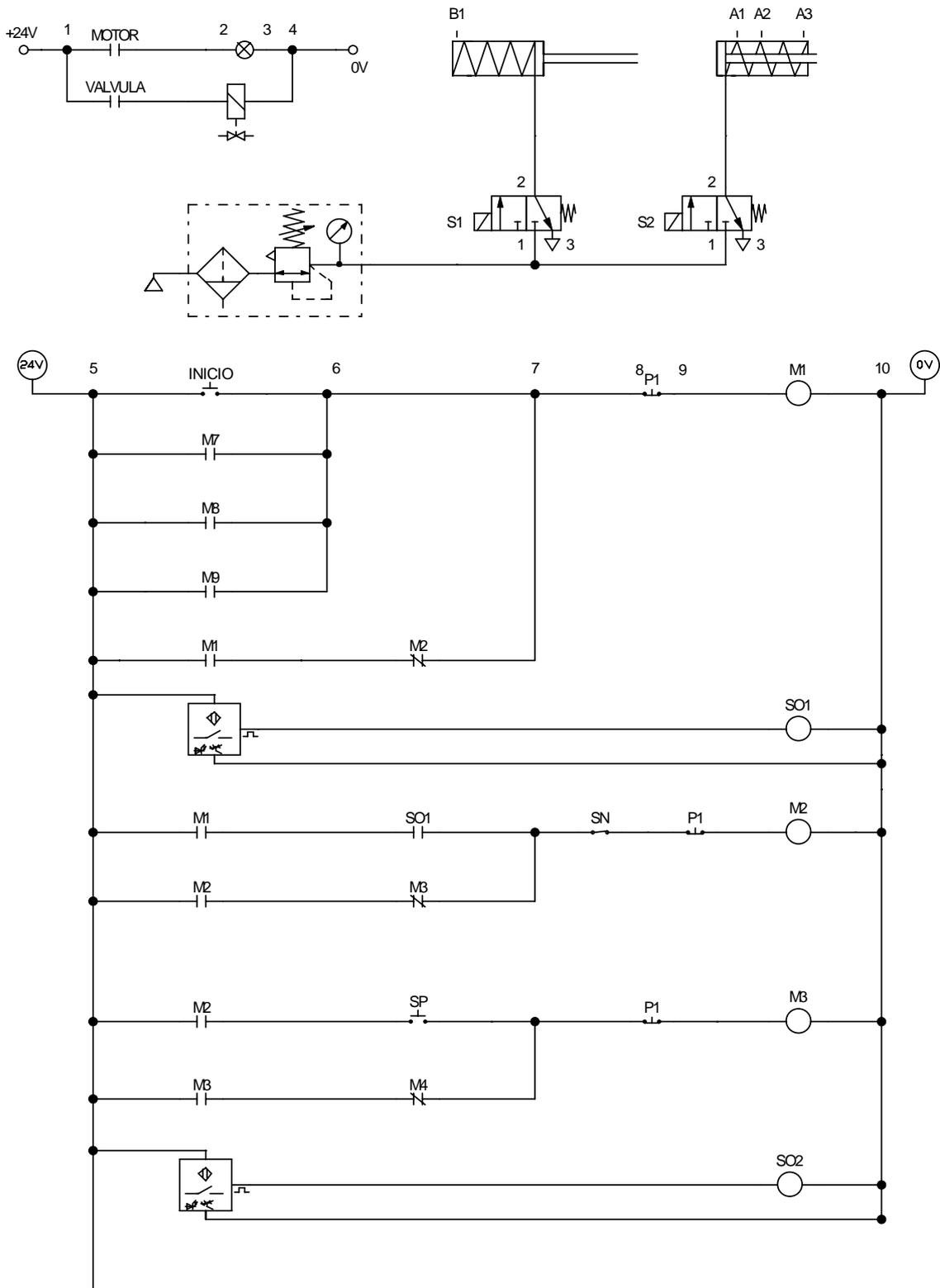
Bloques de exportación de registro de producción.

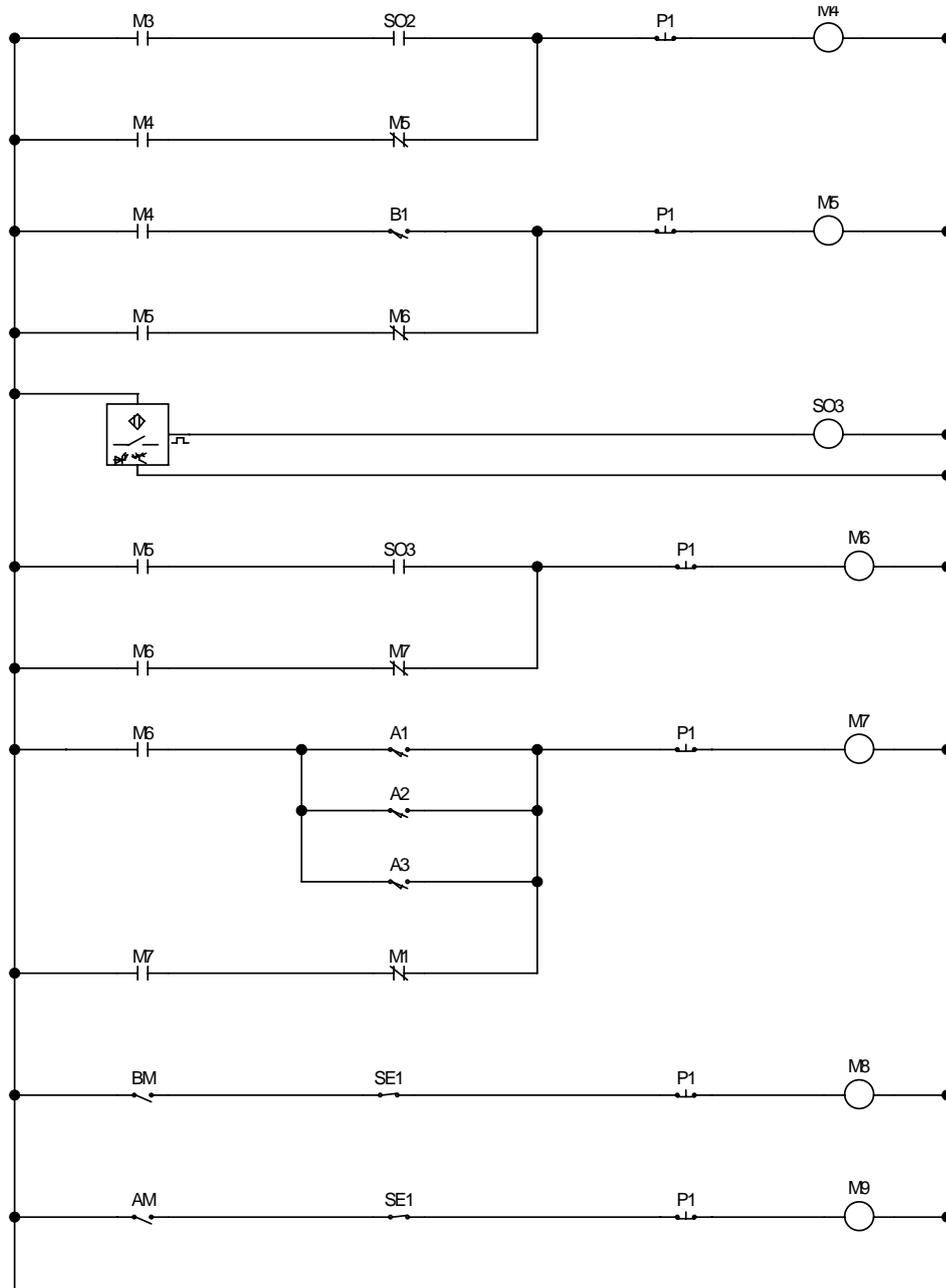
## ANEXO C

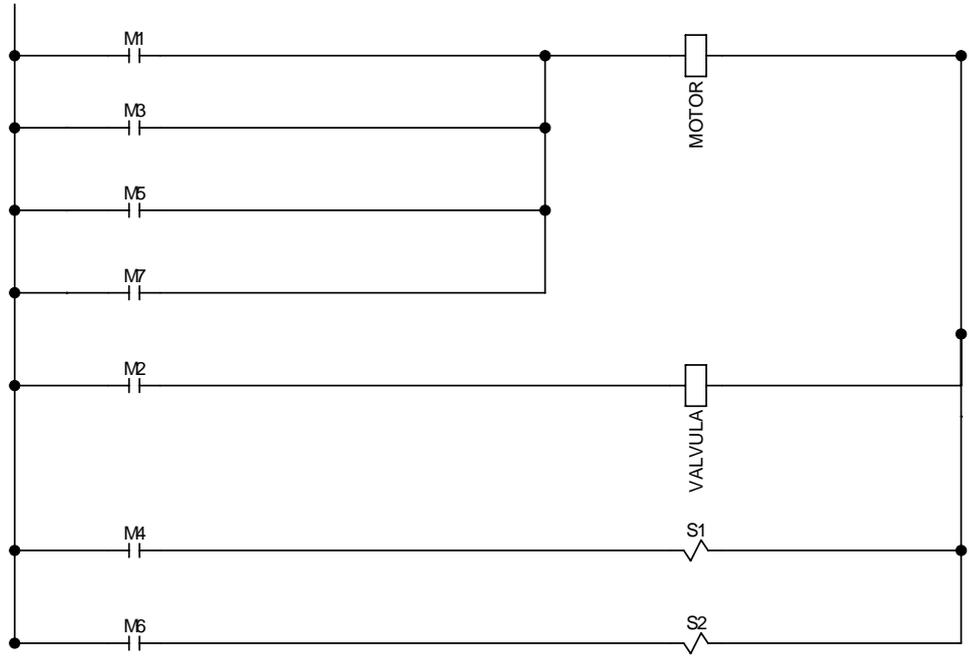
DIAGRAMA ELECTRICO DE LAS CONEXIONES DE LOS EQUIPOS DEL  
TABLERO DE CONTROL AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE YOGURT

## ANEXO D

DIAGRAMA NEUMÁTICO Y LADER DE LAS CONEXIONES DEL  
CONTROL AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE YOGURT







ANEXO E

PLANO DE LA DISPOSICION DE LOS EQUIPOS DEL TABLERO DECONTROL  
AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE YOGURT

ANEXO F

PLANO DEL DISEÑO DEL CONTROL AUTOMÁTICO DE ENVASADO DE  
YOGURT