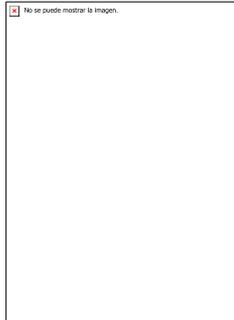


**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA  
ELECTRONICA**



**“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL  
REPROCESO DE GALLETAS EN LAS LINEAS DE PRODUCCION  
N°2 Y N°3, EN LA GALLETERA DEL NORTE S.A. – TRUJILLO, LA  
LIBERTAD”**

---

**TESIS DE GRADO PARA OBTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO ELECTRONICO**

---

**AUTOR(ES):**

1. Br. Gustavo Adolfo Nieva Mendoza
2. Br. Walter Paul Rodríguez Ortiz

**ASESOR:**

Ing. Lenin Llanos León

TRUJILLO – JULIO DEL 2016

**“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL REPROCESO DE GALLETAS EN LAS LINEAS DE PRODUCCION N°2 Y N°3, EN LA GALLETERA DEL NORTE S.A. – TRUJILLO, LA LIBERTAD”**

Por :

Br. Gustavo Adolfo Nieva Mendoza.

Br. Walter Paul Rodríguez Ortiz.

Aprobado por :

---

Ing. Saúl Noé Linares Vertíz

PRESIDENTE

CIP N° 97916

---

Ing. Eduardo Elmer Cerna Sánchez

SECRETARIO

CIP N° 080252

---

Ing. Oscar Miguel de la Cruz Rodríguez

VOCAL

CIP N° 085598

---

Ing. Lenin Humberto Llanos León

ASESOR

CIP N° 139213

## **PRESENTACION**

Señores miembros del Jurado:

De conformidad y en cumplimiento de los requisitos estipulados en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento Interno de la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica para obtener el Título Profesional de Ingeniero Electrónico, se pone a vuestra disposición el presente Trabajo de Tesis titulado: **“DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL REPROCESO DE GALLETAS EN LAS LINEAS DE PRODUCCION N°2 Y N°3, EN LA GALLETERA DEL NORTE S.A. – TRUJILLO, LA LIBERTAD”**

Este trabajo, es el resultado de la aplicación de los conocimientos adquiridos en la formación profesional en la Universidad, excusando anticipadamente de los posibles errores involuntarios cometidos en su desarrollo.

Trujillo, Julio del 2016

Br. Gustavo Adolfo Nieva Mendoza.

Br. Walter Paul Rodríguez Ortiz.

## **DEDICATORIA**

Dedico este Trabajo de Tesis

A Dios, por amarme, por elegirme antes que dijera “sí”, por brindarme salud, sabiduría y sobre todo por obsequiarme el mejor regalo que pueda existir, algo que jamás se puede ganar, comprar o conseguir, “Mi Familia”.

A mis queridos padres, José y Guillermina, por ser el pilar y equilibrio en mi vida, por brindarme su amor, por sus esfuerzos y sacrificios que han hecho por mí, para que este sueño hoy fuese realidad y por ser para mí un ejemplo de superación y esfuerzo.

A Leonor y Richard, mis queridos hermanos por cuidarme y ser mi apoyo incondicional desde mi niñez y por ser para mí el mejor ejemplo del significado de la palabra “hermano”.

A mi enamorada y amigos, por ser mis grandes aliados en esta aventura llamada “vida”.

**Gustavo Adolfo Nieva Mendoza.**

## **DEDICATORIA**

Dedico este Trabajo de Tesis

A Dios, por brindarme salud y fuerzas para superar los momentos difíciles

A mis queridos padres, que son el pilar y equilibrio en mi vida, por brindarme su amor y por ser para mí un ejemplo de superación y esfuerzo.

A mi padre por brindarme los recursos necesarios y estar a mi lado apoyándome y aconsejándome siempre.

A mi madre por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos y enseñanzas.

A mis hermanos por estar siempre presentes.

A todo el resto de mi familia y amigos que de una u otra forma me han llenado de sabiduría para terminar esta tesis.

A todos en general por darme el tiempo para realizarme profesionalmente.

**Walter Paul Rodríguez Ortiz.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por habernos dado fuerzas y ganas de poder llegar a nuestras metas trazadas, realizar objetivos y por darnos salud y su infinito amor.

A la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, por brindarnos los conocimientos necesarios para la realización de nuestro Trabajo de Tesis y así abrirnos cambio en el ámbito laboral.

A todos nuestros profesores universitarios de Ingeniería Electrónica, por brindarnos conocimientos en cada una de las materias tomadas para nuestro desarrollo profesional.

**Los Autores de la Tesis**

A Dios por regalarme a vida, por darme fortaleza y ayudarme a superar los obstáculos de la vida.

A mis padres por su amor y por sus consejos recibidos a lo largo de mi vida universitaria.

A todos mis compañeros y docentes de la universidad, por haber compartido momentos gratos a lo largo de la carrera y haber compartido experiencias que me son útiles para afrontar las dificultades que trae la vida profesional.

**Gustavo Adolfo Nieva Mendoza.**

A mis padres por haberme brindado lo mejor de ellos, su gran amor y haberme dado la mejor herencia que es mi educación, por sus grandes consejos como amigos, sus enseñanzas y fortalezas que siempre tendré presente en el transcurso de toda mi vida.

A mis hermanos, que siempre me han brindado su apoyo en momentos difíciles, sus consejos y enseñanzas, siempre los tendré presente. A mis amigas (os) por sus palabras de aliento y su apoyo.

**Walter Paul Rodríguez Ortiz**

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se centra en realizar el Diseño de un Sistema Automatizado para el Reproceso de Galletas en las Líneas de Producción N°2 y N°3, en la Galletera del Norte S.A.

En el Primer Capítulo del presente trabajo, se aborda la problemática actual en el Área del Producción de la Empresa Galletera del Norte S.A. en cuanto a mejorar el reproceso de galletas existente en las líneas de producción N°2 y N°3, el análisis de las características y la formulación del problema.

En el Segundo Capítulo, se presentan los antecedentes de la investigación y el marco teórico, donde se expone una breve reseña que sustentan los planteamientos de este proyecto y del porqué la elección de realizar el diseño de un sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N°2 y N°3.

En el Tercer Capítulo, está comprendido por la formulación de la hipótesis.

En el Cuarto Capítulo, se muestran nuestros objetivos y damos a conocer la importancia de dar una solución al problema planteado.

En el Quinto Capítulo, se presenta el desarrollo de la solución, detallamos los equipos y accesorios utilizados para lograr el funcionamiento y comunicación de los equipos seleccionados para el diseño, así como la argumentación del porque nuestra solución es la más viable para la empresa. Además se recolectan los datos necesarios para el desarrollo de la investigación.

En el Sexto Capítulo, se relatan los resultados de la investigación donde se desarrollan los objetivos de la investigación y se presentan las simulaciones que comprueban el correcto funcionamiento del sistema desarrollado.

Por último, se presenta la discusión de resultados, las conclusiones de la investigación y se presentan algunas recomendaciones para que la implementación del proyecto sea eficiente.

## **ABSTRACT**

This research focuses on the design an Automated System for Reprocessing of cookies in the Production Lines No. 2 and No. 3 at the Galletera del Norte S.A.

In the first chapter of this paper, is addressed the current problem in the Production Area at the Galletera del Norte S.A. company, to improve reprocessing of cookies existing in the production lines No. 2 and No. 3, the analysis of the characteristics and the problem formulation.

In the second chapter, the research background and the theoretical framework are presented, where are exposed a small review that support the approach of this project and the reason why we choose making the design of an automated system for the reprocessing of cookies in the production lines No. 2 and No. 3.

In the third chapter, is comprised of the formulation of the hypothesis.

In the fourth chapter, are exposed our objetives and we give to know the importance of give a solution to the posed problem.

In the fifth chapter, we present the development of the solution, we detail the equipment and accessories used to achieve the operation and communication of selected equipments for the design as well as the argument why our solution is the most viable for the company. In addition the data necessary for the development of research are collected.

In the sixth chapter, the results of research where they develop objectives of research are described and simulations that verify the correct operation of the system developed are presented.

Finally, the discussion of results, research findings and some recommendations for that project implementation to be efficient are presented.

# ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
CONTRACARÁTULA.....	ii
PRESENTACIÓN.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii

## CAPÍTULO I DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.	EL PROBLEMA	
1.	Planteamiento del Problema.....	2
2.	Definición y Formulación del Problema.....	5
1.	Definición del Problema.....	5
2.	Formulación del Problema.....	5
3.	Alcance.....	5
4.	Justificación de la Investigación.....	6
5.	Aportes.....	6

## CAPITULO II MARCO TEÓRICO

2.	MARCO	TEÓRICO	
			8
1.	Antecedentes de la Investigación.....		8
2.	Fundamentación Teórica de la Investigación.....		14
1.	Elaboración de la Galleta.....		14

2.	Proceso de Elaboración de la Galleta	15
3.	Etapa de Apilado de Galletas	18
4.	Etapa de Empaquetado de Galletas	20
5.	Reproceso de Productos	21
6.	Automatización de Procesos Industriales	23
7.	Selección del Tipo de Automatización	25
8.	Automatización Flexible	25
9.	Diseño de un sistema automatizado	26
10.	Sistema de Actuación	27
11.	Fuente de Energía Neumática	28
12.	Válvulas de Control	29
13.	Unidad de Mantenimiento	30
14.	Tolvas de Almacenamiento	31
15.	Motores Eléctricos	32
16.	Bandas Transportadoras	37
17.	Comunicaciones Industria	39
18.	Modelo OSI de ISO	41
19.	Modelo TCP/IP	43
20.	Redes LAN Industriales	44
21.	Interfaz Operador-Maquina	46

22.	Dispositivos	de	Salida	47
23.	Dispositivos	de	Entrada	48
24.	Gestión	de	Alarmas	49
25.	Controlador	Lógico	Programable	50

### **CAPITULO III HIPOTESIS**

3.	HIPÓTESIS	53
1.	General	53
2.	Variables	53
3.	Operacionalizacion de las Variables	53

### **CAPITULO IV OBJETIVOS**

4.	OBJETIVOS	57	
1.	Objetivo	General	57
2.	Objetivos	Específicos	57

### **CAPITULO V MATERIALES Y PROCEDIMIENTOS**

5.	MATERIALES Y PROCEDIMIENTO	59
1.	Población	59
2.	Muestra	59

3.	Diseño de Contrastación	59
4.	Metodología	59
5.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	59
6.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	62
1.	Propuesta de Diseño de la Automatización	64
2.	Selección del Controlador Lógico Programable	64
3.	Selección del Interfaz de Usuario	70
4.	Selección de la Red de Comunicación	72
5.	Diseño de Conexión entre el Controlador y Panel de Operador	73
6.	Diseño del Diagrama de Proceso e Instrumentación	74
7.	Diseño del Software de Control	76

## **CAPITULO VI**

### **RESULTADOS**

6.	RESULTADOS	81
1.	Introducción	81
2.	Simulación del Sistema de Control	81
3.	Simulación de la Interfaz de Usuario (HMI)	98
1.	Pantalla Principal	98
2.	Pantalla del Área de Transporte	98

3.	Pantalla del Área de Silos	100
4.	Pantalla del Área de Molido	101
5.	Pantalla del Sistema START-STOP	103

**CAPITULO VII  
DISCUSION DE LOS RESULTADOS**

7.	DISCUSION DE LOS RESULTADOS	108
----	-----------------------------	-----

**CAPITULO VIII  
CONCLUSIONES**

8.	CONCLUSIONES	110
----	--------------	-----

**CAPITULO IX  
RECOMENDACIONES**

9.	RECOMENDACIONES	112
----	-----------------	-----

**CAPITULO X  
REFERERNCIAS**

10.	REFERENCIAS	114
-----	-------------	-----

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Tabla de Maquinas de Empaque.....	21
Tabla 2.2: Numero de polos y velocidad de los motores.....	37
Tabla 2.3: Calidad de los recubrimientos, según la norma UNE 18025 .....	39
Tabla 2.4: Calidad de los tejidos, según la norma UNE 18025 .....	40
Tabla 3.1: Operacionalización de la variable independiente .....	54
Tabla 3.2. Operacionalización de la variable dependiente .....	55
Tabla 5.1: Modelo de Encuesta .....	60

Tabla 5.2: Tiempo empleador para retirar y llenar la galleta de reproceso en sacos .....	61
Tabla 5.3: Análisis de la encuesta utilizada .....	62
Tabla 5.4: Especificaciones del procesador CPU 1516-3 PN/DP .....	67
Tabla 5.5: Entradas de cada etapa de reproceso .....	67
Tabla 5.6: Características del módulo DI 16x24VDC HF .....	68
Tabla 5.7: Salidas de cada etapa del reproceso .....	69
Tabla 5.8: Características del módulo de salida DQ 8x230VAC/5A ST .....	69
Tabla 5.9: Características del panel de operador KTP600 Basic Color PN .....	70
Tabla 6.0: Pantallas del HMI diseñado .....	71
Tabla 6.1: Tabla N° 4.2: Lista de equipos a utilizar .....	105
Tabla 6.2: Mano de Obra .....	106
Tabla 6.3: Consolidado de Costos .....	106

## **ÍNDICE DE ILUSTRACIONES**

Figura N°2.1 Diagrama del proceso industrial de elaboración de galletas .....	18
Figura N°2.2 Sistema de Apilado de Galletas: Barra de Stacking .....	19
Figura N°2.3 Sistema de Apilado de Galletas: Barra Estrella .....	19
Figura N°2.4 Máquinas de Apilado de Galletas .....	20
Figura N°2.5: Compresor de Aire .....	29
Figura N°2.6: Válvula de compuerta o cuchilla .....	30
Figura N°2.7: Unidad de Mantenimiento .....	31
Figura N°2.8: Tolvas de Almacenaje .....	32
Figura N°2.9: Partes de un Motor .....	33
Figura N°2.10: Devanados del Estator .....	34
Figura N°2.11: Rotor .....	34
Figura N°2.12: Fajas transportadoras .....	38
Figura N°2.13: Elementos de una Banda Transportadora .....	38
Figura N°2.14: Características de una banda transportadora según la norma UNE 18025 .....	39
Figura N°2.15: Contactor .....	48
Figura N°2.16: Sensor Capacitivo .....	49
Figura N°2.17: PLC .....	51

Figura N°5.1: PLC SIMATIC S7-1500 .....	65
Figura N°5.2: Comunicación entre PLC y HMI .....	73
Figura N°5.3: Diseño de Conexión entre PLC y Panel de Operador .....	74
Figura N°5.4: Diagrama de Proceso e Instrumentación según Norma ISA S5.1 .....	75
Figura N°5.5: Diagrama de Flujo del Diseño de control para la etapa de Transporte .....	78
Figura N°5.6: Diagrama de Flujo del Diseño de control de la etapa de Trituración .....	79
Figura N°6.1: Segmento 1 de Programación en Lenguaje Ladder .....	82
Figura N°6.2: Segmento 2 de Programación en Lenguaje Ladder .....	83
Figura N°6.3: Segmento 7 de Programación en Lenguaje Ladder .....	84
Figura N°6.4: Segmento 3 y 6 de Programación en Lenguaje Ladder .....	85
Figura N°6.5: Segmento 10 y 14 de Programación en Lenguaje Ladder .....	86
Figura N°6.6: Segmento 5 de Programación en Lenguaje Ladder .....	87
Figura N°6.7: Segmento 15 de Programación en Lenguaje Ladder .....	88
Figura N°6.8: Segmento 17 de Programación en Lenguaje Ladder .....	89
Figura N°6.9: Segmento 16 de Programación en Lenguaje Ladder .....	90
Figura N°6.10: Segmento 18 de Programación en Lenguaje Ladder .....	91
Figura N°6.11: Segmento 17 y 20 de Programación en Lenguaje Ladder .....	92
Figura N°6.12: Segmento 18 y 19 de Programación en Lenguaje Ladder .....	94
Figura N°6.13: Segmento 21 de Programación en Lenguaje Ladder .....	95
Figura N°6.14: Segmento 21, 22 y 23 de Programación en Lenguaje Ladder .....	96
Figura N°6.15: Segmento 21 y 23 de Programación en Lenguaje Ladder .....	97
Figura N°6.16: Segmento 23 de Programación en Lenguaje Ladder .....	98
Figura N°6.17: Simulación de la Pantalla Principal .....	99
Figura N°6.18: Simulación de la Pantalla de Área de Transporte .....	100
Figura N°6.19: Simulación de la Pantalla de Área de Silos .....	101
Figura N°6.20: Simulación de la Pantalla de Área de Molido .....	103
Figura N°6.21: Simulación de la Pantalla del Sistema START-STOP .....	104

CAPITULO I  
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

## **1. EL PROBLEMA**

### **1. Planteamiento del problema:**

#### *Delimitación:*

Según la página web de la Corporación San Jorge, La empresa de galletas “Galletera del Norte S.A.” es una empresa peruana dedicada a la producción de galletas, panetones, fideos y mermeladas. A lo largo de su historia, se han caracterizado por producir y comercializar productos de primera calidad con precios al alcance de todos, razones que les han permitido ganar la preferencia de los consumidores peruanos y de los extranjeros.

Galletera del Norte (GN) fue fundada en 1970 por la Corporación San Jorge en la ciudad de Trujillo. Sus bajos precios les aseguraron, al principio, una rápida acogida. Esta segunda marca de San Jorge se hizo rápidamente la preferida de la ciudad y de toda la zona norte del país y Ecuador gracias a la calidad y variedad de sus productos. Es así que GN empieza a producir panetones, fideos, mermeladas y harinas, productos que han logrado mucha aceptación y que se comercializan en los principales centros de abastos de Trujillo. En 1994 la empresa entro al negocio molinero con la creación de la compañía Molinera del Centro. En el 2003, Galletera del Norte logró consolidarse en el mercado local y empezó a exportar a otros países como Ecuador, Colombia, Venezuela, Chile, Panamá y Haití.

Actualmente, Galleteras del Norte está en expansión. Poseen dos plantas. La principal está en Trujillo, que atiende al norte y parte de Lima y, la otra, se ubica en Lima, y abastece a la mitad de la población y al sur del país. En ambas fábricas trabajan cerca de 300 personas.

Dentro de la planta ubicada en Trujillo, la empresa cuenta con tres líneas de producción, de las cuales la primera línea está destinada a la fabricación de galletas Rellenas, la segunda está destinada a fabricar galletas de Soda y

Vainilla, y la tercera línea que es la recientemente instalada, está destinada exclusivamente para la fabricación de galletas Soda.

Cada una de las líneas de producción es continua, las cuales inicia con el ingreso de la masa, previamente preparada y fermentada en una tolva, luego pasa por la etapa de laminado y de corte en la cual, la masa es debidamente moldeada hasta llegar al espesor y forma deseada, pasando luego por un horno industrial en donde la galleta es cocida uniformemente, después pasa por una etapa de enfriamiento y apilado, en donde la galleta es preparada para finalmente ser empaquetada y embalada. De todas las etapas mencionadas, son las etapas de apilado y de empaquetado las más críticas.

El proceso de apilado consiste en adecuar la posición de las galletas uniformemente con el fin de prepararlas para su posterior empaquetado

El proceso de empaquetado consiste en recepcionar las galletas de la etapa de apilado y agruparlas en un número de galletas establecida por la empresa, para luego cubrirlas completamente con el empaque indicado y sellarlas para posteriormente ser embaladas.

#### *Características de la Realidad:*

La realidad problemática estudiada presenta las siguientes características:

1. Pérdida del producto semielaborado (galleta) en las líneas de producción N° 2 y N° 3.
2. Exposición a la manipulación del producto semielaborado (galleta) previa a la etapa de empaquetado.
3. Demora en el transporte de la galleta con calidad de reproceso hacia el molino de trituración.
4. Carencia de un sistema automatizado de reproceso de galletas en sus 3 líneas de

producción.

*Análisis de las Características:*

5. Cada día durante el proceso de producción, la etapa de empaquetado de cada una de las líneas es sometida a múltiples paradas inevitables de diferentes intervalos de tiempo, debido a razones de fallas inesperadas o la propia política de trabajo de la Empresa. Mientras estas dos etapas permanecen inactivas, las demás etapas (posteriores y anteriores) continúan en funcionamiento. Al estar detenida la etapa de empaquetado, los operarios encargados de la etapa de apilado, llamados: “inspectores”, retiran la galleta para evitar el desbordamiento del producto en las etapas previas a la etapa de apilado, llenándolas en sacos para posteriormente ser reprocesadas. Este proceso de detener las etapas mencionadas anteriormente y extraer la galleta de la línea, genera pérdidas considerables de producto, que al caer al piso queda exonerada de la etapa de reproceso.
6. Las galletas retiradas por los inspectores, en un principio debido a la aglomeración y posterior desbordamiento de las mismas, son llenadas manualmente en sacos para evitar la pérdida por caída de estas, generando en muchas ocasiones la adulteración del producto y/o descarte del mismo. Posteriormente, al disminuir el volumen de las galletas aglomeradas producto de las paradas inesperadas, estas son llenadas en cajas, para ser posteriormente reincorporadas en sus correspondientes líneas de transporte hacia la etapa de empaquetado, cuando se reanuden las actividades de las etapas inactivas.
7. Una vez las galletas con calidad de reproceso fueron almacenadas en sacos, son aglutinadas a un lado de la línea de producción hasta finalizar el día, para así posteriormente ser transportadas manualmente por los inspectores, quienes las cargan hacia el molino para su posterior trituración. Esta acción de aglutinamiento genera una demora en su transporte, puesto que este no es continuo y es realizado manualmente por los inspectores, quienes se estima que al finalizar el día transportan un aproximado de 25 sacos en un tiempo promedio de 12 minutos por saco transportado.

8. En la actualidad la empresa productora de galletas “Galletera del Norte S.A.”, no cuenta con un sistema de reprocesamiento de galletas eficiente, ya que esta se efectúa manualmente por medio de operarios, quienes se encargan de almacenar las galletas en sacos para su posterior traslado al molino de trituración y así finalmente reingresarlo a la línea de producción, junto con la amalgama principal, siendo este un problema que genera pérdidas económicas, y de mano de obra innecesarias para la empresa.

## **1. Definición y Formulación del Problema**

### **1. Definición del Problema**

El problema se define en proponer una alternativa para reducir pérdidas de producto y tiempo en el sistema de reprocesamiento de galletas existente en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la empresa Galletera Del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad.

### **2. Formulación del problema**

¿De qué manera se podría reducir pérdidas de producto y tiempo en el sistema de reprocesamiento de galletas existente en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la empresa Galletera Del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad?

## **2. Alcance**

Se realizara un estudio y análisis del proceso de producción y reproceso de galletas y se propondrá una alternativa de automatización para reducir pérdidas de producto y tiempo en el sistema de reprocesamiento existente en la empresa Galletera Del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad.

### **3. Justificación de la Investigación**

#### **1. En lo Académico:**

Estudiar una metodología para el diseño de un sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, para reducir pérdidas de producto y tiempo en el reproceso de galletas.

#### **2. En lo Tecnológico:**

Conocer diferentes tecnologías que ayuden a automatizar el reproceso de galletas.

### **1. Aportes**

#### **3. En lo Académico:**

Este trabajo de investigación dará a conocer a futuras investigaciones una metodología para el diseño de un sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, para reducir pérdidas de producto y tiempo en el reproceso de galletas.

#### **4. En lo Tecnológico:**

El siguiente trabajo servirá para documentar las especificaciones de diseño para el desarrollo del sistema automatizado, así como documentar las especificaciones de diseño funcional para el sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, para reducir pérdidas de producto y tiempo en el reproceso de galletas.

5. Para la Empresa:

El trabajo de investigación servirá como una alternativa de mejora para para reducir pérdidas de producto y tiempo en el reproceso de galletas existente en la empresa.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

## 6. MARCO TEORICO

### 1. Antecedentes de la Investigación:

Haciendo una pesquisa bibliográfica se han encontrado como antecedentes los siguientes trabajos de investigación relacionados con la temática:

1. Título: "Diseño de un Sistema de Automatización de una Planta de Lavado de Zanahoria de 10 t/h".

Tesis

Pontificia Universidad Católica del Perú (2010)

**Autores:** José Martín Requena Torpoco

#### **Resumen:**

La zanahoria es una de las hortalizas de mayor demanda y su lavado es una de las etapas más importantes para su posterior comercialización.

En la presente tesis, se realizó el diseño de un sistema de automatización de una Planta de lavado de zanahoria de 10 t/h, empleando un sistema electroneumático y un sistema de control con PLC, que permita tener un control y funcionamiento automático para el sistema de lavado de las zanahorias, el cual incluye los procesos de: Remojo, lavado y direccionamiento a la zona de tendal.

El diseño del sistema de automatización consta de un sistema electroneumático para el accionamiento (apertura y cerrado) de las compuertas que se realiza en los procesos; diseño del sistema de control con PLC el cual procesará la información

proveniente de los sensores y según la lógica programada en lenguaje ladder controle los procesos del sistema de lavado gobernando el funcionamiento de los actuadores; la selección de sensores, actuadores y controlador. Finalmente el diseño de un interfaz de usuario empleando un panel de operador el cual permitirá monitorear el estado de la Planta.

Se realizaron simulaciones para el sistema electroneumático a fin de comprobar el accionamiento de las compuertas. Asimismo se simuló el sistema de control en PLC para verificar el funcionamiento automático y secuencial de la Planta.

### **Conclusiones:**

1. A partir de las simulaciones realizadas para el sistema electroneumático y el sistema de control con PLC, se comprobó el correcto funcionamiento automático del sistema de lavado, se concluye que se ha realizado con éxito el diseño del sistema de automatización de la Planta de lavado de zanahoria.
2. La simulación del sistema de control desarrollado en lenguaje escalera (ladder) mostró un control efectivo de cada proceso llevando a cabo el sistema de lavado automático en 55 minutos, permitiendo una reducción en el tiempo de lavado y dando la posibilidad que la Planta pueda operar más veces al día.
3. El sistema electroneumático diseñado tiene la capacidad de accionar hasta cinco compuertas simultáneamente, teniendo en cuenta que en el sistema de lavado se accionan solo dos compuertas a la vez. Esto permitirá realizar futuras ampliaciones en la Planta sin tener que redimensionar el sistema neumático.
4. La neumática controlada con señales de mando eléctrico fue el sistema propuesto más adecuado para abrir y cerrar las compuertas pues permitió realizar de forma más simple movimientos lineales en dos direcciones aplicando una fuerza considerable.

***(José Martín Requena Torpoco, 2010)***

### **Aportes:**

1. El diseño de un sistema de automatización que consta de un sistema electroneumático.
2. El diseño de un sistema de control con PLC programado en lenguaje Ladder.
3. El diseño de un interfaz de usuario empleando un panel de operador para la visualización del sistema automatizado. ***(José Martín Requena Torpoco, 2010)***

4. Título: "Migración de un Sistema de Control en Red DH+ por Ethernet IP"

**Tesis**

Instituto Politécnico Nacional (2010)

**Autores:** Jonathan Almazan Escalona

Luis Alberto Rodríguez Sánchez

**Resumen:**

Con el presente se contempla migrar un sistema de control en red DH+ por Ethernet IP para la industria de toallas higiénicas, que permita un incremento a la velocidad de toda las máquinas para así se pueda cubrir con el programa de producción.

**Conclusiones:**

5. Hemos logrado implementar diferentes técnicas y conocimientos de ingeniería para lograr una mejor respuesta de una maquina productora de toallas higiénicas usando los drives POWERFLEX 70 que por medio del protocolo de comunicación Ethernet/IP de Rockwell Automation a 100 Megabytes/seg a través de un Contrologix 5000, su desempeño fue considerablemente mejor a comparación del equipo instalado BRU-500 de la marca Reliance Electric que operaban bajo un protocolo de comunicación DH+ y un PLC SLC-500 de la misma empresa pero que opera a 230 Kilobytes/seg que definitivamente no hay comparación en cuanto a los beneficios mostrados a lo largo del desarrollo de esta Tesis.
6. Cabe mencionar que el presente trabajo se dispuso como un proyecto para la solución de diferentes procesos; en este caso fue la máquina de producción de toallas higiénicas, y logramos implementarlo en planta, a través de un método de ingeniería e instalación detallado y aprovechando al máximo todas la ventajas de las nuevas tecnologías empleadas, hoy en día, por las empresas más competitivas en el ámbito industrial.
7. Uno de los avances de la tecnología actual tiende a ser ahorrativa y versátil, cosa que el uso del producto Ethernet/IP hemos mostrado claramente, de forma teórica y grafica en este trabajo. **(Jonathan Almazan Escalona y Luis Alberto Rodríguez Sánchez , 2010)**

### **Aportes:**

8. Dentro de los aportes del presente trabajo, es implementar diferentes técnicas y conocimientos de ingeniería, aprender los protocolos de comunicación Ethernet/.  
**(Jonathan Almazan Escalona y Luis Alberto Rodríguez Sánchez , 2010)**
  
9. Título: “Diseño de un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial.”  
**Tesis**  
Pontificia Universidad Católica del Perú (2010)

**Autor:** Angie María del Milagro Contreras Iglesias

### **Resumen:**

Actualmente existe un aumento constante del consumo de energía, la modernización de los procesos industriales y el crecimiento económico son las principales causas de este fenómeno. Ante esta realidad, el uso eficiente de este recurso se convierte hoy en día en una prioridad con el fin de preservar los recursos energéticos y establecer cambios oportunos orientados al desarrollo sostenible en armonía con el medio ambiente.

El sector industrial se constituye hoy en día en un potencial consumidor de energía eléctrica, sin embargo muchas de sus instalaciones no cuentan con un control y uso adecuado de energía. Muestra de ello son los sistemas de iluminación, pues se han identificado numerosas deficiencias en torno a su uso siendo la más crítica mantener encendidas las lámparas durante periodos no productivos, lo cual conlleva a incrementar el impacto económico para la empresa y ambiental para el mundo.

En la presente tesis se diseña un sistema de automatización para el sistema de iluminación de una planta industrial que permita optimizar el uso de energía eléctrica evitando que las lámparas permanezcan encendidas durante períodos no productivos. Es decir, se diseñará la automatización de alumbrado que asegure una iluminación de calidad durante el tiempo que sea necesario. El diseño consta de la selección de sensores y actuadores, diseño de un programa el lenguaje “Ladder” que permita controlar la secuencia de encendido de los contactores de fuerza de los circuitos de iluminación en función a los períodos de producción y la señal de sensores en las zonas elegidas. Así mismo se ha diseñado la interfaz de usuario la cual permite: ingresar los

horarios de producción, realizar el control manual de los circuitos de iluminación desde la interfaz y monitoreo de horas de consumo.

El usuario podrá controlar el sistema de iluminación a través de la interfaz de usuario la cual estará comunicada con el controlador a través de una red industrial que también será diseñada. Como parte del desarrollo de la tesis, se hicieron pruebas aisladas y se comprobó el correcto funcionamiento del programa implementado mediante la comunicación de una computadora personal con el controlador, así mismo, las pruebas realizadas verifican la respuesta en tiempo real del controlador empleado en el diseño.

### **Conclusiones:**

10. La propuesta de implementar un sistema de automatización que controle la Iluminación de la planta en estudio es el punto de partida para la solución integral que permita optimizar al máximo los consumos en este sistema. Como siguiente paso se sugirió en el capítulo 2 el reemplazo de fluorescentes existentes por fluorescente con leds con lo cual se lograría un ahorro de hasta 90%.
11. El ensayo de controlar las luces en forma manual con el apoyo de los electricistas del área de mantenimiento permitió sustentar que existe posibilidad de reducir los consumos de energía eléctrica en el sistema de iluminación al menos en 24%.
12. Los sensores han sido elegidos considerando la disposición física de las zonas a controlar. Se realizaron las medidas de las áreas y en base a ello se determinó la cantidad de sensores necesarios.
13. Los actuadores fueron elegidos según el tipo de conexión de los sistemas de iluminación en la planta en estudio, el cual es un sistema trifásico balanceado en conexión Delta.
14. Se diseñó el programa en lenguaje Ladder para controlar la secuencia de encendido de los contactores de fuerza de los circuitos de iluminación en función los períodos de producción, la señal de sensores en las zonas de almacenes y aduanas; así como a través del modo manual para aquellos eventos que no estén planificados.
15. Se verificó el correcto procesamiento de señales y variables del programa implementado en los controladores mediante la interacción del mismo con un usuario a través LabView con lo cual se demuestra la flexibilidad y escalabilidad del sistema diseñado ya que puede ser controlado desde paneles de operador o desde computadoras personales que cuenten con un software de supervisión.

16. La red de comunicación se ha diseñado de tal forma que se permita que un terminal remoto o computador personal se conecte en línea desde cualquier nodo de la red y así poder verificar el procesamiento del código implementado en cada PLC así como su interacción con cada Panel de Operador. De esta forma se pueden detectar errores antes que un PLC entre a modo de falla o puede diagnosticarse la causa de la falla de forma más rápida sin necesidad de deshabilitar la red de comunicación.
17. Se han diseñado pantallas “ocultas” considerando que existe la posibilidad que falle alguna interfaz HMI. Las pantallas ocultas permiten el acceso de un personal del área de galletería al Panel de Operador ubicado en la zona de chocolatería y viceversa.
18. Este acceso es solo para ingresar al sistema en modo manual y previa validación de una contraseña.
19. Al realizar el estudio de factibilidad del proyecto se encontró que los tres indicadores de evaluación reflejan que este proyecto es rentable para la empresa, pues no se requiere un capital de inversión elevado y el tiempo de retorno de inversión es a mediano-corto plazo.
1. La investigación realizada en la planta permitió encontrar que en una zona como el almacén de materias primas era más atinado optar por aprovechar la luz natural con el fin de optimizar los consumos. Los usuarios asumieron esta solución como válida y colocaron planchas de policarbonato en el perímetro y parte frontal del almacén. Esta actitud refleja una disposición del personal por adoptar una política de ahorro de energía que permitirá desarrollar una cultura hacia la eficiencia energética y próximas inversiones orientadas a este fin. (*Angie María del Milagro Contreras Iglesias, 2010*).

### **Aportes:**

1. Dentro de los aportes de este trabajo podemos rescatar el diseño de automatización basado en la energización de los equipos solo cuando sea necesario con el fin de ahorrar energía. (*Angie María del Milagro Contreras Iglesias, 2010*)

### **1. Fundamentación Teórica de la Investigación:**

#### **1. Elaboración de la Galleta**

#### **Materias Primas Empleadas en el Proceso**

Las materias primas fundamentales para la elaboración de las galletas en general son: harina, grasa, aceite, huevos, azúcar, jarabes, emulsionantes, colorantes, saborizantes, etc.

1. *Harina*: la harina que se emplea para la elaboración de galletas es la proveniente de trigos blandos, debe ser de diámetro muy pequeño y homogéneo. La función de la harina es la de aportar almidón, responsable de dar la estructura al producto.
1. *Gasas y aceites*: la grasa empleada puede ser de origen animal o vegetal, pero los que más se emplean son las de origen vegetal. Sus funciones son las de incorporar aire favoreciendo el esponjado, dan sabor y aroma, impiden la formación de gluten, son lubricantes, dan suavidad a la masa; presentan una desventaja que es la oxidación que facilita el deterioro y otorga olores desagradables al producto.
2. *Huevos*: El huevo proporciona proteínas hidrosolubles, que favorecen la formación de espumas, lo que proporciona aire que da lugar a volumen y estabilidad.
3. *Polvo de hornear*: su función es hacer que la masa crezca
4. *Azúcar y jarabe*: es considerado al igual que la harina en el constituyente mayoritario o parecido en porcentaje. Cumple funciones como: esponjante, favoreciendo la incorporación de aire e impide la formación de gluten, además humecta el producto es decir lo hace más blando, también aumenta el periodo de vida útil del producto final debido a que retiene agua y retarda la gelificación. Le aportan al producto el color.
5. *Saborizantes y potenciadores de sabor*: son conocidos comúnmente como esencias. Son los que le dan el sabor, se encuentran saborizantes naturales o artificiales, debidamente aprobados por las autoridades correspondientes.
6. *Sal*: se utiliza con el fin de potenciar el sabor de las galletas. Se utiliza de 1-1.5% del peso de la harina
1. *Agua*: es esencial para la elaboración de la masa que se va a hornear.
2. *Leche*: la leche le proporciona a las galletas proteínas, azúcares que dan color, aminoácidos que favorecen la formación de sustancias aromáticas. Su función es la de hidratar y dar aroma y suavidad.

3. *Conservantes*: los más utilizados son el bicarbonato de sodio, los acidulantes y los colorantes.

#### 1. **Proceso de Elaboración de la Galleta:**

Las etapas comprendidas en el proceso de fabricación de galletas pueden ser modificadas opcionalmente, según el sitio específico y las necesidades técnicas de la galleta. Las principales etapas son:

1. *Selección de materias primas e insumos*: En esta operación primero se lleva a cabo una inspección visual del producto, para verificar que las materias primas no contengan algún material contaminante ni han sido adulteradas e incluyen la revisión de las características físicas del ingrediente verificando su fecha de producción y vencimiento.
2. *Formulación*: En esta etapa se aplica la fórmula de elaboración de la galleta, el cual establece los porcentajes de las cantidades exactas de cada uno de los insumos y/o materias primas que forman parte de la masa, según el tipo de galleta a elaborar.
3. *Mezcla y Dispersión*: consiste en la disolución homogénea de las materias primas e insumos sólidos en los líquidos.
4. *Formación de la masa*: con el amasado se consigue desarrollar el gluten a partir de las proteínas hidratadas de la harina. El amasado es la operación donde se incorporan todas las materias previamente graduadas y pesadas teniendo en cuenta que se mezclen adecuadamente cada uno de ellos.
5. *Laminado*: la etapa del laminado consiste en compactar la masa, transformándola en una lámina de espesor uniforme, la masa se comprime eliminándose el aire que contenga. Al formarse la lámina esta se dobla y se

vuelve a pasar por la laminadora. La masa reposada se encoge y se engruesa, por lo que el grosor de la lámina depende del calibre de los rodillos.

6. *Moldeado*: En esta etapa se da la forma al producto, el cual depende del mercado y el consumidor final. Las formas más comunes son redondas, rectangulares, de figuras y agujeros (permiten la salida del vapor de agua).
7. *Cocción*: El proceso consiste en eliminar humedad por la acción de altas temperaturas. El producto esponja hasta que todo el almidón se haya gelatinizado. Durante la cocción se presentan algunas modificaciones como:
  1. Disminución de la densidad del producto desarrollando una textura abierta y porosa.
  2. Reducción del nivel de humedad
  3. Cambio en la coloración de la superficie

Para La Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), la estructura de la galleta requieren dos aspectos básicos:

1. Formación de burbujas más o menos uniformes.
2. Formación de cavidades grandes distribuidas uniformemente.

Estas características se consiguen en la etapa de cocción, realizada en hornos industriales, cuya función es transferir el calor del combustible que se quema a la banda y a las piezas de masa, con el fin de mantener una temperatura dada en la superficie del producto.

La temperatura del horno debe aumentar en cada etapa del proceso, para suministrar energía que compense el calor absorbido por el producto, eliminando luego el exceso a través de los gases de escape.

Todo esto se centra en la formación de burbujas de gas y de su expansión, en un medio que al principio se hace más blando y más flexible seguido por un aumento en la rigidez y endurecimiento.

Los hornos utilizados en la fábrica se diferencian por su tipo de calentamiento, que puede ser directo e indirecto. Los hornos calentados indirectamente, generalmente tienen unos cuantos quemadores distribuidos en grandes zonas a lo largo de la longitud del horno. Los hornos calentados directamente, tienen un gran

número de pequeños quemadores agrupados por zonas grandes de iguales proporciones con motivo de control. También es posible cerrar quemadores individuales por encima o por debajo de la banda.

3. *Enfriamiento*: se enfría solidificándose el almidón y disminuye el volumen a medida que baja la temperatura. El enfriamiento debe ser paulatino para que no se rompa la galleta.
4. *Empaque*: El proceso de empaque es la transformación del producto semielaborado a producto terminado, el mismo que se da cuando la galleta recibe el embalaje en las máquinas de empaque o procesos manuales, y adquiere el formato deseado. Este empaque debe ser de material resistente a la humedad, para que no entre al producto pero que permita la salida de gases que se producen en el interior.<sup>1</sup>

En el siguiente diagrama se observa el proceso general para la obtención de la galleta.

---

<sup>1</sup> Lección 25, Proceso de Producción de Galletas, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, [http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232016/contLinea/leccion\\_25\\_proceso\\_de\\_produccion\\_de\\_galletas.html](http://datateca.unad.edu.co/contenidos/232016/contLinea/leccion_25_proceso_de_produccion_de_galletas.html)

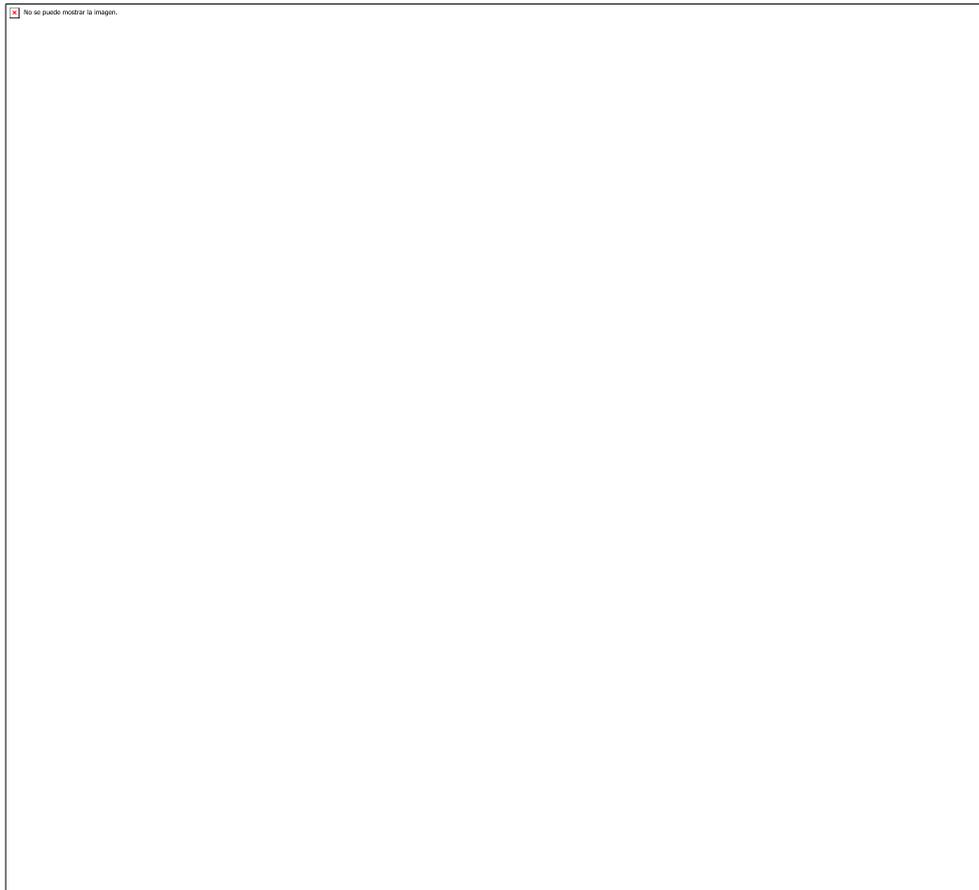


Figura N°2.1 Diagrama del proceso industrial de elaboración de galletas

Fuente: Universidad Nacional Abierta y a Distancia

### **1. Etapa de Apilado de Galletas**

Esta etapa de apilamiento de galletas consiste en preparar las galletas, para aplicaciones específicas tales como para alimentar las sandwichadoras tradicionales o también un cargador para máquinas de embalaje. Para ello, se utiliza sistemas de apilado (o de estaco). Generalmente los productos llegan planos en banda y se colocan entre guías por medio de una chapa móvil antes de ser apiladas.

Dos sistemas de apilado existen para poner las galletas de canto:

5. *La barra de stacking*
6. *La barra estrella*

Hay que determinar el sistema el más adecuado a su producción en función del producto, de las cadencias, de los cambios de formatos y de la aplicación...

7. *La barra de stacking*: La barra permite cadencias más altas y parece más adecuado cuando hay cambios de formato



Figura N°2.2 Sistema de Apilado de Galletas: Barra de Stacking

Fuente: PROCYS

8. *La barra estrella*: La estrella permite trabajar con filas independientes, la orientación de la galleta es más vertical:



Figura N°2.3 Sistema de Apilado de Galletas: Barra Estrella

Fuente: PROCYS

Hay también sistemas de apilado móviles con la posibilidad de acumulación.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Sistema de apilado de Galletas, PROCYS (Food Processing Automation Systems) (2011) Fuente: <http://www.procys.eu/spip.php?article57>

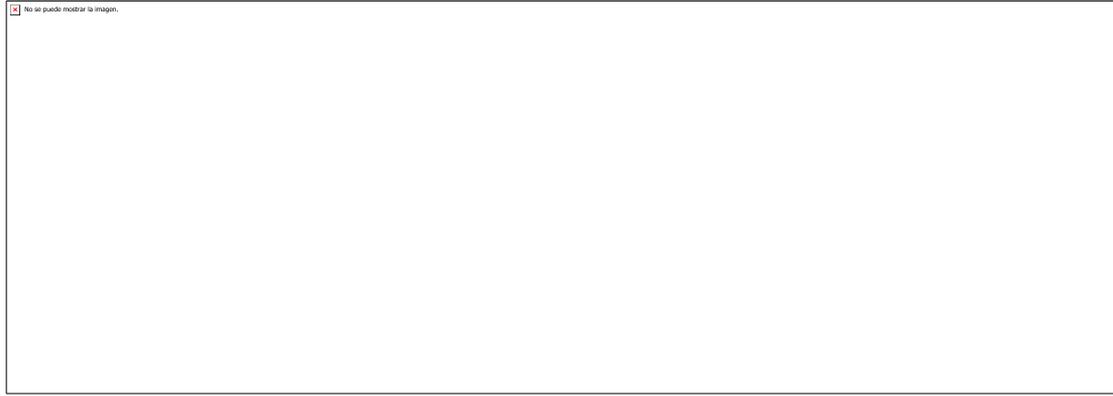


Figura N°2.4 Máquinas de Apilado de Galletas

Fuente: PROCYS

### **1. Etapa de Empaquetado de Galletas**

El proceso de empaque es la transformación del producto semielaborado a producto terminado, el mismo que se da cuando la galleta recibe el embalaje en las máquinas de empaque o procesos manuales, y adquiere el formato deseado.

Las máquinas de empaque se identifican por los nombres de sus fabricantes y en la sección se conocen 4 tipos: Cavanna, Corazza, Martini y Ricciarelli.

Después de pasar por las máquinas de embalaje los productos en sus formatos de fundas o tacos (envoltura en forma tubular ajustada a un número definido de galletas), son empaquetados en cartones para su traspaso a los centros de distribución.

El uso de las máquinas de empaque depende del formato del producto a realizar, podemos observar este detalle en la tabla adjunta:

*Tabla N°2.1: Tabla de Maquinas de Empaque*

<b>Formato del producto</b>	<b>Máquina</b>
Paquetes de 30 g	Martini
Paquetes de 60 g	Cavanna
Paquetes de 100 g	Cavanna
Paquetes de 225 g	Cavanna
Paquetes de 240 g	Corazza
Paquetes de 324 g	Cavanna
Paquetes de 360 g	Cavanna
Paquetes de 450 g	Ricciarelli
Paquetes de 500 g	Ricciarelli

Fuente: Análisis de la Situación Inicial de la Empresa.

Existen además procesos de empaque que se realizan manualmente, para obtener productos al granel o en cantidades mayores a los formatos tradicionales. Los principales formatos empacados manualmente son: 2.5 Kg., 5.8 Kg. Y 11 Kg.<sup>3</sup>

## **2. Reproceso de Productos**

Para Course Hero, el reproceso se refiere a los pasos repetidos o adicionales que se realizan en un proceso de fabricación con objeto de corregir una falla. Reproceso se define como “la repetición de uno o más pasos previos del proceso de fabricación establecido”.

---

3 CAPITULO 3: Análisis de la Situación Inicial de la Empresa, P. Bacilio, DSpace en ESPOL (Escuela Superior Politécnica del Litoral) (2011) Fuente:

<https://www.google.com.pe/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0CCAQFjABOApgFQoTCPaN3eT86scCFQqGDQodrywO-A&url=http%3A%2F%2Fwww.dspace.espol.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F14690%2F14%2FCAPITULO%25203.doc&usg=AFQjCNGZvhSujrqUBLswb9NJcPOHQftvqA&bvm=bv.102022582,d.eXY>

Todas las etapas adicionales de reproceso, deben ser definidas por escrito en procedimientos de operación o en instrucciones de fabricación y deben ser aprobadas formalmente por calidad previo reporte de investigación de desviación o No conformidad, para definir si puede ser reprocesado o rechazado y debe ser aprobado antes de empezar cualquier actividad de reproceso. Cualquier operación de reproceso sobre los materiales o productos del grupo, que vaya a ser realizada por un contratista, debe ser autorizado por escrito por el Director de calidad del grupo, antes de que sea iniciada la operación. Deberán existir procedimientos que describan las acciones a tomar en los casos de recuperado, reproceso de lotes. Los materiales/productos mantenidos antes de reproceso, deben ser almacenados bajo condiciones definidas y su situación de calidad, controlada cuidadosamente.<sup>4</sup>

Para Gonzalo A. Pertz, Master of Science, Tecnología y Procesamiento de Alimentos; todo reproceso de producto debe cumplir las siguientes características:

1. *Requisitos generales:* El reproceso de productos debe almacenarse, manipularse y utilizarse solamente cuando la inocuidad del producto, su calidad, la trazabilidad y el cumplimiento con los requisitos legales sean mantenidos.
1. *Almacenamiento, identificación y trazabilidad del reproceso:* El material de reproceso debe ser protegido de la contaminación microbiológica, química o de materias extrañas.

Deben documentarse los requisitos de segregación del reproceso como en el caso de alérgenos.

Se debe mantener la identificación y trazabilidad de los reprocesos y registrarse. Se debe registrar la clasificación del reproceso, la razón para declararlo reproceso y los datos como por ejemplo

---

<sup>4</sup> Course Hero (2009), <https://www.coursehero.com/file/7047778/511-Reprocesos-retrabajos-y-reacondicionamiento1/>

nombre del producto, fecha de producción, turno, línea de proceso y vida útil estimada cuando fuera necesario.

2. *Utilización de los reprocesos:* Cuando se agregan reprocesos como un paso del proceso, la cantidad aceptable, el tipo, y las condiciones del reproceso deben ser especificadas. El paso del proceso en el que se agregan y el método de adición, incluyendo cualquier tipo de pasos de pre-proceso necesarios deben incluirse.

Cuando la actividad de reproceso incluye remover un producto de un envase lleno, deben establecerse controles para asegurar la remoción y segregación del material de empaque y prevenir la contaminación del producto con materiales extraños.<sup>5</sup>

### **1. Automatización de Procesos Industriales:**

La automatización industrial es el uso de elementos mecánicos, eléctricos o electrónicos para controlar procesos industriales substituyendo el trabajo del ser humano. Provee a los operadores humanos de mecanismos autónomos o semi autónomos para ayudarlos a extender sus capacidades físicas al realizar tareas conocidas por él, de una manera más eficiente y segura.

Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los 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.

Las industrias relacionadas con la automatización son básicamente la industria manufacturera y la industria de procesos.

---

<sup>5</sup> Gonzalo A. Pertz, Master of Science, Tecnología y Procesamiento de Alimentos, (Junio, 2011). Programa Pre requisitos para la inocuidad de los Alimentos en la Industria de Alimentos (Version2). Managua, Nicaragua

La industria manufacturera (discrete parts manufacturing) se caracteriza por la presencia de máquinas herramienta de control numérico por ordenador como núcleo de sistemas de fabricación flexible. En esta industria, destaca el uso de estaciones robotizadas en tareas de soldadura al arco o por puntos, pintura, montaje, etc., de forma que en la actualidad la necesidad de automatización es elevada si se desea ofrecer productos de calidad en un entorno competitivo.

En cuanto a la industria de procesos (continuous manufacturing), existen fábricas de productos de naturaleza más o menos continua, como la industria petroquímica, cementera, de la alimentación, farmacéutica, etc. Dentro del proceso de fabricación de estas industrias, se investiga en nuevas tecnologías, para la obtención de nuevos catalizadores, bioprocesos, membranas para la separación de productos, microrreactores, etc.

En este tipo de industria, destacan la aplicación de algoritmos de control avanzado, - como, por ejemplo, el control predictivo -, o la formación experta de operarios de salas de control mediante simuladores. Respecto a las necesidades de automatización, la industria de procesos tiene un nivel consolidado en cuanto a salas de control con sistemas de control distribuido (DCS), y el uso de autómatas programables para tareas secuenciales o para configurar sistemas redundantes seguros ante fallos, entre otros elementos.

Por último, conviene destacar que la automatización contribuye al control automático del proceso y a relevar de esta tarea al operario, si consideramos que lo que interesa es la sustitución de la persona por un ente automático.

En los complejos procesos industriales, se ha puesto de manifiesto la necesidad de cambiar del control automático al control manual por necesidades de reajustes en el algoritmo de control o ante anomalías en el proceso, de forma que la automatización está contribuyendo, en un sistema de control abierto, a la intervención del operario, por lo que en estos casos no se trata tanto de sustitución sino de cooperación entre el operario y el controlador.

## 2. Selección del Tipo de Automatización:

Tomando como referencia las definiciones de automatización planteadas, existe una serie de ventajas que influyen en su implantación, las cuales son:

1. Aumento de la productividad y consistencia en los productos.
2. La automatización genera una estabilidad y robustez en el sistema.
3. Las tecnologías de automatización no presentan fallos.
4. Mejorar las condiciones de trabajo del personal, incrementando la seguridad
5. Realizar las operaciones imposibles físicamente para el operador humano
6. Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo generar las cantidades necesarias en el momento preciso.
7. Integrar la gestión y producción.

Existen 4 tipos de automatización en la actualidad, como se detalla a continuación:

**La automatización fija:** se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto.

**La automatización programable:** se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo, permitiendo una fácil programación y la realización de diferentes tareas.

**La automatización flexible:** es más adecuada para un rango de producción medio, capacitada para producir cambios en los programas y en la relación existente entre los elementos del sistema de producción o fabricación.

La automatización integrada: su objetivo es la integración dentro del sistema productivo de los distintos tipos de automatización.

### **1. Automatización Flexible:**

Un sistema automatizado flexible es aquel que puede producir una variedad de productos (o partes) con virtualmente ninguna pérdida de tiempo para cambios entre un producto y el siguiente.

No hay tiempo de producción perdido mientras se reprograma el sistema y se cambia la preparación física (herramientas, aditamentos, parámetros de las máquinas).

En consecuencia, el sistema puede producir varias combinaciones y programaciones de productos, en lugar de requerir que se hagan en lotes separados.

Estas condiciones le permiten al sistema flexible continuar con la producción sin tener tiempo muerto entre lotes, que es la característica de la automatización programable. El cambio de programas de partes generalmente se realiza fuera de línea, en un sistema computacional y se transmite electrónicamente al sistema automatizado de producción. Así, el tiempo requerido para hacer la programación del próximo trabajo no interrumpe la producción del trabajo actual.

La modificación de la preparación física entre las partes se lleva a cabo haciendo los cambios fuera de la línea y entonces se coloca en su lugar al tiempo que la siguiente parte llega al punto de su procesamiento.

Las características principales de la automatización flexible se pueden resumir en:

1. Es una extensión de la automatización programable que da como resultado sistemas de fabricación en los que no sólo se pueden cambiar los programas sino que además se puede cambiar la relación entre los diferentes elementos que los constituyen.
2. Disponen de capacidad de adaptarse con mayor facilidad a variaciones de producto, al mismo producto producido y al volumen de demanda.
3. Producción continua de mezclas variables de productos
4. Tasas de producción medias
5. Flexibilidad para adaptarse a variaciones en el diseño del producto.

## 1. **Diseño de un Sistema Automatizado:**

Los componentes necesarios para el diseño de un sistema automatizado de una planta industrial son:

**Fuentes de energía:** hace posible el control y puesta en marcha del sistema.

**Infraestructura de equipos:** toda la maquinaria necesaria para transformar la materia prima en el producto final.

**Programa de instrucciones:** surge a partir de un diagrama de flujo del proceso, donde se definen las acciones a desarrollar por los elementos del sistema de producción.

**Arquitectura del sistema de control:** está formada por los elementos que permiten la transmisión de las diferentes acciones definidas en el paso anterior. (PLC'S, Pantallas táctiles, etc.).

**Sistemas de Control:** son los encargados de ejecutar las acciones definidas en el programa de instrucciones.

## 2. **Sistemas de Actuación**

Para Bolton, W. (2006). Los sistemas de actuación son los elementos de los sistemas de control que transforman la salida de un microprocesador o un controlador en una acción de control para una máquina o dispositivo. Por ejemplo, puede ser necesario transformar una salida eléctrica del controlador en un movimiento lineal que desplaza una carga. Otro ejemplo sería cuando la salida eléctrica del controlador, debe transformarse en una acción que controle la cantidad de líquido que pasa por una tubería.

### **1. Sistemas de Actuación Neumática:**

Con frecuencia las señales neumáticas se utilizan para manejar elementos finales de control, incluso cuando el sistema de control es eléctrico. Esto se debe a que con esas señales es posible accionar válvulas grandes y otros dispositivos de control que requieren mucha potencia para mover cargas considerables. La principal desventaja de los sistemas neumáticos es la compresibilidad del aire.

### **2. Sistemas de Actuación Eléctrica:**

Al estudiar los sistemas eléctricos que se emplean como actuadores de control deberán tenerse en cuenta los siguientes dispositivos y sistemas:

1. *Dispositivos de conmutación:* como interruptores mecánicos (relevadores) e interruptores de estado sólido (diodos, tiristores y transistores).
2. *Dispositivos tipo solenoide:* en los cuales una corriente que pasa por un solenoide acciona un núcleo de hierro dulce, por ejemplo una válvula hidráulica/neumática operada por solenoide.
3. *Sistemas motrices:* por ejemplo, motores de CD y de CA, en los cuales la corriente que pasa por el motor produce una rotación.

### **1. Fuente de energía Neumática:**

Bolton, W. (2006) menciona, En una fuente de energía neumática, un motor eléctrico acciona un compresor de aire. El aire que entra al compresor se filtra y pasa por un silenciador para reducir el nivel de ruido.

La válvula de alivio de presión protege contra un aumento de la presión del sistema arriba del nivel de seguridad. Dado que el compresor aumenta la temperatura del aire, es posible que sea necesario un sistema de enfriamiento, y para eliminar la contaminación y agua del aire se utiliza un filtro y un separador de agua. El receptor de aire aumenta el volumen del aire del sistema y equilibra las fluctuaciones de presión breves.<sup>6</sup>

#### **4. Compresor de Aire**

Para Festo, Fundamentos de la técnica de automatización. Las fuentes energéticas utilizadas en redes de aire comprimido son compresores helicoidales o compresores de émbolo. Estos compresores entregan una presión de salida desde 700 hasta 800 kPa (7 hasta 8 bar). De esta manera se tiene la seguridad de disponer de una presión de funcionamiento suficiente de mínimo 600 kPa (6 bar) en los actuadores aunque se produzcan fugas (zonas con defectos, en las que se escapa involuntariamente el aire) o disminuya la presión en la red de tubos.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> William Bolton, (2006). Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica (3.a edición). México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor S.A. Pág. 122, 123,161.

<sup>7</sup> Fundamentos de la técnica de Automatización, FESTO. Fundamentos de la neumática. Pág. 53.



Figura N°2.5: Compresor de Aire

Fuente: [http://www.directindustry.es/prod/novair-oxyplus-technologie/product-7439-18354.html?utm\\_source=ProductDetail&utm\\_medium=Web&utm\\_content=SimilarProduct&utm\\_campaign=CA](http://www.directindustry.es/prod/novair-oxyplus-technologie/product-7439-18354.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA)

## 1. Válvulas de Control

Para Creus, S. (1997). En el control automático de los procesos industriales la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal del fluido de control que modifica a su vez el valor de la variable medida comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador.<sup>8</sup>

## 5. Válvula de Compuerta

Esta válvula, denominada también válvula de tajadera, efectúa su cierre con un disco vertical plano, o de forma especial, y que se mueve verticalmente al flujo del fluido.

---

<sup>8</sup> Antonio Creus Solé, (2010). Instrumentación Industrial (8.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pág. 381.

Por su disposición es adecuada generalmente para control todo-nada, ya que en posiciones intermedias tiende a bloquearse. Tiene la ventaja de presentar poca resistencia al flujo de fluido cuando está en posición de apertura total y, por lo tanto se caracteriza por una baja caída de presión.

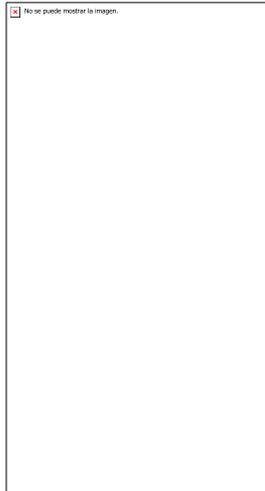


Figura N°2.6: Válvula de compuerta o cuchilla

Fuente: <http://www.orbinox.com/orbinox/de/eb-ser11-bidirecional.asp?cod=2421&nombre=2421&nodo=&orden=True&sesion=1347>

## 1. Unidad de Mantenimiento

Para Micro Automación, Unidades FRL. Las unidades de mantenimiento constituyen unidades indispensables para el correcto funcionamiento de los sistemas neumáticos y para prolongar la vida útil de los componentes. Se instalan en la línea de alimentación de un circuito, suministrando aire libre de humedad e impurezas, lubricado y regulado a la presión requerida, es decir en las óptimas condiciones de utilización.

Los conjuntos FRL poseen en suma todas las características funcionales y constructivas de cada uno de los elementos que los constituyen.<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Catalogo Master MICRO Automación. Unidades FRL. (Capitulo 7). <http://www.microautomacion.com/catalogo/Tratamientodelaire.pdf>

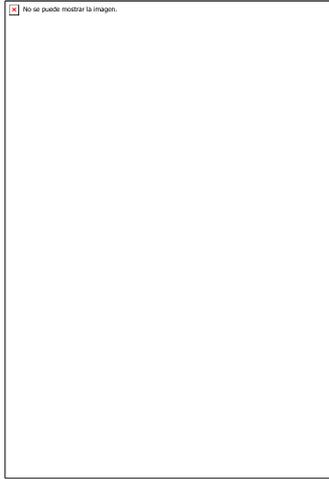


Figura N°2.7: Unidad de Mantenimiento

Fuente: <http://www.microautomacion.com/catalogo/Tratamientodelaire.pdf>

## 2. Tolvas de Almacenamiento

Es un dispositivo similar a un embudo de gran tamaño destinado al depósito y canalización de materiales granulares o pulverizados, entre otros. En ocasiones, se monta sobre un chasis que permite el transporte. Generalmente es de forma cónica y siempre es de paredes inclinadas como las de un gran cono, de tal forma que la carga se efectúa por la parte superior y la descarga se realiza por una compuerta inferior.

Son muy utilizadas en agricultura, en construcción de vías férreas y en instalaciones industriales.

Ventajas:

1. Excelente eficacia.
2. Sistema de funcionamiento sencillo y de muy bajo mantenimiento.
3. Altas capacidades de almacenamiento, sin excesiva altura.
4. Totalmente desmontable.

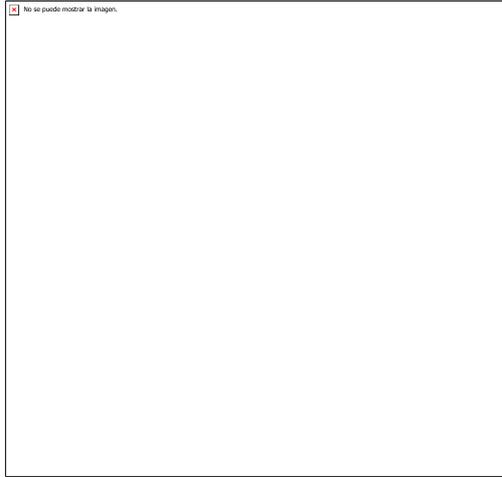


Figura N°2.8: Tolvas de Almacenaje

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/cavicchi-impianti/product-37285-492677.html>

## 1. Motores Eléctricos

Los motores eléctricos convierten la electricidad en energía mecánica apta para mover los accionamientos de una variedad de equipos; son utilizados en tornos, ventiladores, extractores, bandas transportadoras, bombas de agua, compresores, taladros y en múltiples aplicaciones en las empresas. La Figura 5 muestra un motor eléctrico con sus partes principales.

1. *Funcionamiento:* El funcionamiento de un motor se logra circulando corriente eléctrica en el embobinado de cobre de la parte fija (estator), lo cual genera un campo magnético. Al interactuar con el campo magnético de la parte móvil (rotor), se produce el movimiento de giro. El motor eléctrico usa los polos magnéticos (que funcionan como imanes) para producir el movimiento del rotor. Este movimiento es transmitido al exterior por medio de un eje o -echa para accionar equipos mecánicos. La potencia de salida mecánica del motor está definida por el torque y la velocidad. El torque se refiere al equivalente de una fuerza por distancia que es capaz de ejercer un motor en cada giro, la velocidad es la cantidad de veces que gira el eje del motor en un minuto.

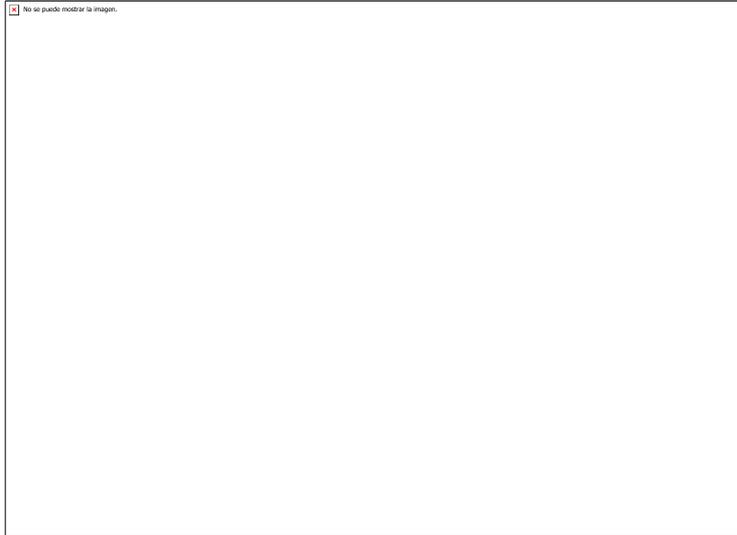


Figura N°2.9: Partes de un Motor

Fuente: Fundación Red de Energía - BUN-CA

Los motores eléctricos están conformados por dos partes principales: un estator fijo y un rotor móvil.

2. *Estator*: En este se encuentran los elementos magnéticos del motor, esto es, polos magnéticos (imanes) y un embobinado de alambres de cobre.

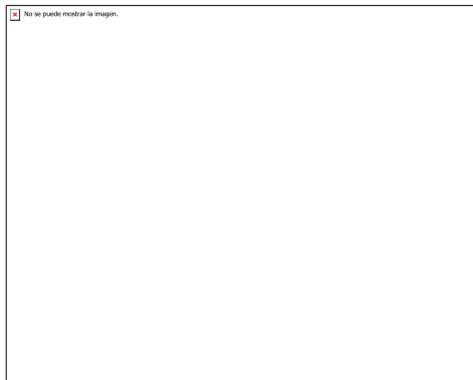


Figura N°2.10: Devanados del Estator

Fuente: Fundación Red de Energía - BUN-CA

3. *Rotor móvil*: Este es un elemento que gira a gran velocidad y se apoya en cojinetes de rodamiento.

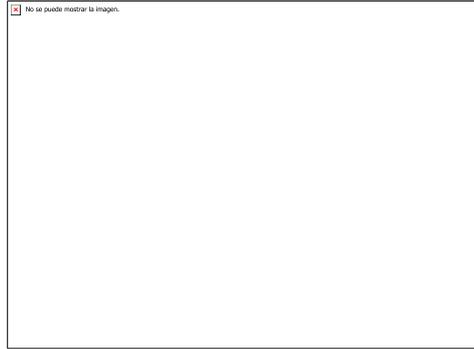


Figura N°2.11: Rotor

Fuente: Fundación Red de Energía - BUN-CA

Su velocidad de rotación en revoluciones por minuto es inversamente proporcional al número de polos magnéticos del estator

Dependiendo del diseño del rotor, puede estar formado por barras conductoras o devanados de cobre.

Además, existen otros elementos importantes en el motor como:

4. *Carcaza:* Es la parte externa del motor y puede tener formas diferentes según la aplicación mecánica que éste vaya a tener. En su exterior se encuentran las aletas de enfriamiento del motor.
5. *Entrehierro:* Es el espacio uniforme comprendido entre el rotor y estator.
6. *Otros elementos complementarios son:* Caja de conexiones, Ventilador, Rodamientos, Base, Tapas y Placa de datos

Para la Fundación Red de Energía - BUN-CA, los motores eléctricos se clasifican en dos grandes grupos, según el tipo de red eléctrica a la que se encuentren conectadas.

#### 7. **Motores eléctricos de corriente continua (CC).**

Los motores de corriente directa o continua, como también se les llama, presentan la ventaja de tener una gran capacidad para regular su velocidad de rotación, lo cual los hace necesarios en ciertos tipos de aplicaciones en las que se precisa un ajuste no de la

velocidad y el torque. No obstante, los motores de corriente directa necesitan una alimentación eléctrica diferente a la que suministran las empresas de distribución, por ello, utilizan equipos adicionales como rectificadores de potencia, en los que la corriente alterna es convertida a directa y, en ocasiones, se requiere instalar baterías de reserva, lo cual incrementa los costos iniciales de este tipo de motor.

Los motores de corriente continua son de los más versátiles en la industria.

Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de procesos.

La principal característica del motor de corriente continua es la posibilidad de regular la velocidad desde vacío a plena carga.

Su principal inconveniente, el mantenimiento, muy caro y laborioso.

Un motor corriente continua (generador o motor) se compone principalmente de dos partes.

En el estator se encuentran los polos, que pueden ser de imanes permanentes o devanados con hilo de cobre sobre núcleo de hierro.  
Motores de CC.

El rotor es generalmente de forma cilíndrica, también devanado y con núcleo, al que llega la corriente mediante dos escobillas. También se construyen motores de CC con el rotor de imanes permanentes para aplicaciones especiales.

## **8. Motores eléctricos de corriente alterna (AC).**

Por las grandes ventajas que tiene de recibir la corriente alterna de la empresa de distribución eléctrica, la gran mayoría de los equipos que requieren de un motor eléctrico utilizan los de corriente alterna, preferentemente en forma trifásica, aunque existen muchos de baja potencia que reciben sólo una fase eléctrica (denominados monofásicos).

Los motores de corriente alterna también pueden variar la velocidad y torque que entregan al equipo acoplado, para ello deben instalarse en combinación con un regulador electrónico de velocidad variable, conocidos en el lenguaje industrial como “drivers”, “variadores de frecuencia” o “convertidores de frecuencia variable”.

Los motores de corriente alterna se clasifican en síncronos y asíncronos (o de inducción).

1. *Motores asíncronos:*

Los motores asíncronos basan su funcionamiento en la creación de un campo magnético giratorio en el entrehierro, que es el espacio comprendido entre el rotor y el estator, debido a la circulación de corriente alterna por los devanados trifásicos y la influencia de los polos magnéticos del estator. La velocidad de giro de un motor eléctrico es determinada por el número de polos magnéticos: cuantos más polos, el motor revolucionará más lentamente.

La Tabla 2 indica la velocidad de giro del campo magnético en función del número de polos para una frecuencia de alimentación de 60 Hertz.



*Tabla N°2.2: Numero de polos y velocidad de los motores*

Fuente: Fundación Red de Energía - BUN-CA

## 2. Motores síncronos:

Los motores síncronos sustituyen a los motores asíncronos solamente en aplicaciones que requieren características especiales. Se utilizan en grandes industrias que cuentan con aplicaciones de velocidad baja además de constante y ser de alta potencia, como: molinos, mezcladoras, trituradoras. En la pequeña y mediana empresa son prácticamente innecesarios.

Una de las ventajas más importantes de los motores síncronos es que su factor de potencia puede llegar a tener valores iguales a uno, e incluso se fabrican con “cos f” capacitivo, es decir, con la intensidad adelantada respecto de la tensión, pudiéndose utilizar por tanto como generadores de potencia reactiva, compensando así la instalación y evitando recargos por consumo de potencia reactiva, es decir, disminuyendo el costo de la facturación eléctrica. La eficiencia de los motores síncronos con  $\cos f = 0.8$  en adelante es entre 0.5 a 1 % más bajo que con un factor de potencia de la unidad.<sup>10</sup>

### 1. Bandas Transportadoras

Una banda o cinta transportadora es una estructura de goma o tejido en forma de correa cerrada en anillo, con una unión vulcanizada o con empalme metálico, utilizada para el transporte de materiales

Las bandas transportadoras son los aparatos más utilizados en el transporte de objetos sólidos y material a granel a gran velocidad y cubriendo grandes distancias.

---

<sup>10</sup> Motores eléctricos: Buenas prácticas en eficiencia energética, Fundación Red de Energía - BUN-CA (marzo del 2010) Introducción, <http://bun-ca.org/publicaciones/fasciculos/espanol/FasciculoMotores.pdf>

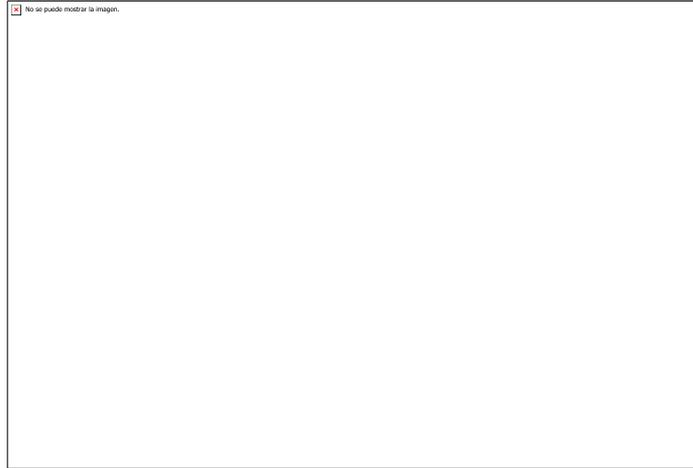


Figura N°2.12: Fajas transportadoras

Fuente: [http://www.pnzcomatrans.com/fileadmin/images/bigImg/2-3-3-cintas-transportadoras\\_big.jpg](http://www.pnzcomatrans.com/fileadmin/images/bigImg/2-3-3-cintas-transportadoras_big.jpg)

3. *Elementos de una banda transportadora:*

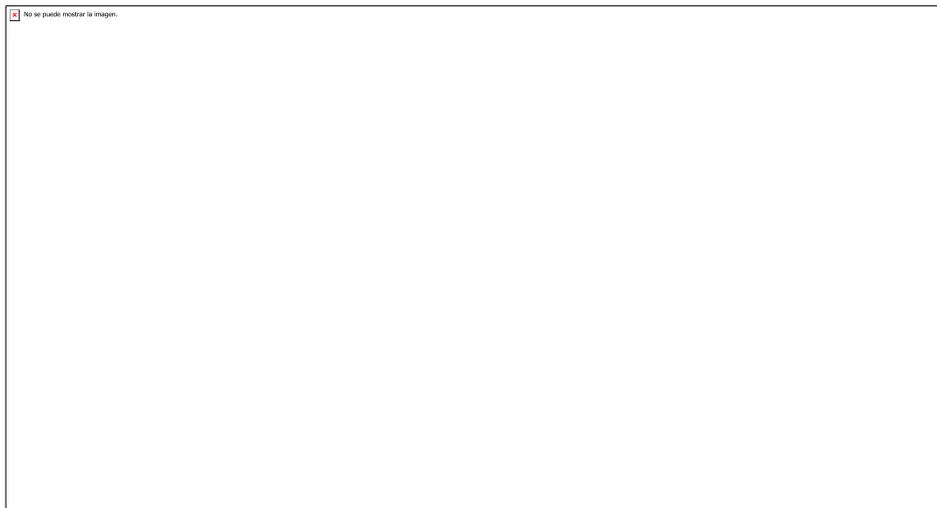


Figura N°2.13: Elementos de una Banda Transportadora

Fuente: Universidad Carlos III de Madrid.

4. *Características Generales según la Norma: UNE 18025 de AENOR*

1. El ancho, expresado en milímetros.
2. La calidad de los recubrimientos (Norma UNE18052).
3. El número de telas.
4. La calidad de tejido (Norma UNE18052).
5. El espesor del recubrimiento superior (decimas de milímetro).
6. El espesor del recubrimiento inferior (decimas de milímetro).

7. El desarrollo o longitud de la banda (metros).<sup>11</sup>

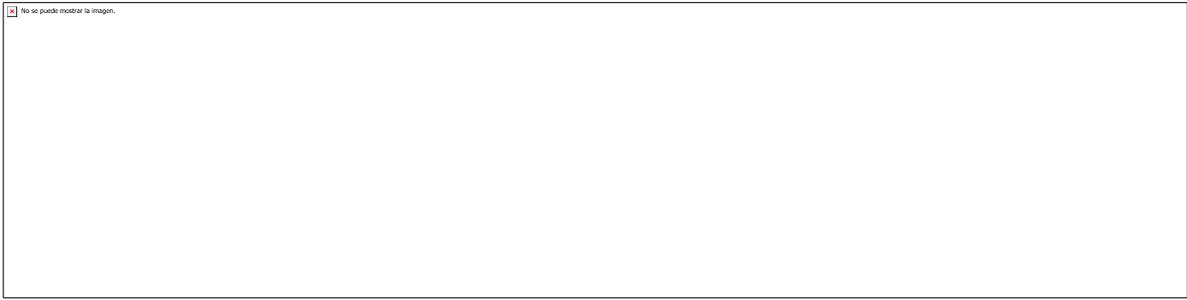


Figura N°2.14: Características de una banda transportadora según la norma UNE 18025

Fuente: Universidad Carlos III de Madrid



*Tabla N°2.3: Calidad de los recubrimientos, según la norma UNE 18025*

Fuente: Universidad Carlos III de Madrid



*Tabla N°2.4: Calidad de los tejidos, según la norma UNE 18025*

Fuente: Universidad Carlos III de Madrid

---

11 Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Mecánica (2010). Bandas Transportadoras, [http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas\\_transportadoras.pdf](http://ocw.uc3m.es/ingenieria-mecanica/ingenieria-de-transportes/material-de-clase-1/bandas_transportadoras.pdf)

## **1. Comunicaciones Industriales**

Para la Universidad de Oviedo (España 2006). En una red industrial coexistirán dispositivos de todo tipo, los cuales suelen agruparse jerárquicamente para establecer conexiones lo más adecuadas a cada área. Así mismo el autor define cuatro niveles:

### **1. Nivel de gestión**

Se encarga de integrar los niveles siguientes en una estructura de fábrica, e incluso de múltiples factorías. Las máquinas aquí conectadas suelen ser estaciones de trabajo que hacen de puente entre el proceso productivo y el área de gestión, en el cual se supervisan las ventanas, stocks, etc. Se emplea una red de tipo LAN o WAN.

### **2. Nivel de control**

Se encarga de enlazar y dirigir las distintas zonas de trabajo. A este nivel se sitúan los autómatas de gama alta y los ordenadores dedicados al diseño, control de calidad, programación, etc. Se suele emplear una red de tipo LAN.

### **3. Nivel de campo y proceso**

Se encarga de la integración de pequeños automatismos (autómatas compactos, multiplexores de E/S, controladores PID, etc.) dentro de subredes o “islas”. En el nivel más alto de estas redes se suelen encontrar uno o varios autómatas modulares, actuando como maestros de la red o maestros flotantes. En este nivel se emplean los buses de campo tradicionales, aunque también tienen cabida

redes superiores como Ethernet Industrial bajo ciertas premisas que aseguren el determinismo en la red.

#### **4. Nivel de E/S**

Es el nivel más próximo al proceso. Aquí están los sensores y actuadores, encargados de manejar el proceso productivo y tomar las medidas necesarias para la correcta automatización y supervisión. Se tratan de sustituir los sistemas de cableado tradicionales por buses de campo de prestaciones sencillas y sistemas de periferia descentralizada.<sup>12</sup>

##### **1. Modelo OSI de ISO**

Es necesaria la presencia de protocolos de comunicación a diversos niveles. La organización internacional para la estandarización (ISO, International Standardisation Organization) definió un sistema de protocolo estándar de siete capas denominado modelo de interconexión de sistemas abiertos (OSI, open system interconnection). Este modelo es un marco de referencia para diseñar un sistema coordinado de normas. Las capas son:

##### **1. Físico**

Esta capa describe los medios para transmitir bits hacia y desde las componentes físicas de la red. Esta capa se ocupa de aspectos de hardware; por ejemplo, el tipo de cables y conectores que se deben emplear, la sincronización de la transferencia de datos y los niveles de las señales.

Los sistemas de LAN que en general se definen a nivel físico son Ethernet y token ring (red en anillo de configuraciones de bits).

##### **2. Capa de enlace de datos**

---

<sup>12</sup> Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales. (Capítulo 5).

Esta capa define los protocolos para enviar y recibir mensajes, detectar y corregir errores y da la secuencia adecuada a los datos transmitidos. Se ocupa de empaquetar datos en paquetes, colocarlos en el cable y extraerlos del cable al llegar al extremo receptor.

En esta capa también se definen Ethernet y token ring.

### **3. Capa de red**

Se ocupa de las rutas de comunicación y el direccionamiento, del enrutamiento y control de mensajes en la red y con ello garantiza que los mensajes lleguen a su destino. Los protocolos de la capa de red que en general se utilizan son el Protocolo de Internet (IP) y el Intercambio de Paquetes Inter-red de Novell (IPX).

### **4. Capa de transporte**

Proporciona el transporte de un mensaje confiable de extremo a extremo. Se ocupa de establecer y mantener la conexión entre el transmisor y el receptor. Los protocolos de transporte más comunes son el protocolo de control de transmisión internet (de redes interconectadas) (TCP) y el intercambio de paquetes en secuencia (SPX) de Novell.

### **5. Capa de sesión**

Se ocupa de establecer los diálogos entre procesos de aplicaciones conectados por la red. Su responsabilidad es determinar cuándo activar o desactivar la comunicación entre dos estaciones.

### **6. Capa de presentación**

Esta capa permite que los datos codificados que se transmitan tengan una forma que el usuario pueda manipular.

## **7. Capa de aplicación**

Esta capa proporciona al usuario una función de procesamiento de información y servicios específicos para aplicaciones. Ofrece funciones como transferencia de archivos o correo electrónico, que una estación puede usar para comunicarse con otros sistemas de la red.<sup>13</sup>

### **1. Modelo TCP/IP**

Modelo que es usado actualmente en la red de internet. Para la Universidad de Oviedo (España 2006) este modelo se puede considerar de cuatro capas:

#### **1. Capa de enlace y física**

Es equivalente a las capas físicas y de enlace del modelo OSI. El medio de transmisión puede ser cualquiera que soporte el transporte de las unidades de datos que genera el protocolo IP de la capa de red.

#### **2. Capa Internet**

Permite que el equipo inserte paquetes en cualquier red, y que estos viajen independientemente hacia su destino. Incluso pueden llegar en distinto orden del que fueron enviados, en cuyo caso, es obligación de las capas superiores reordenarlos si fuese preciso. Esta capa define un tipo de paquete y un protocolo llamado IP, cuya función es el encaminamiento de los mensajes y evitar atascos, equivale a la capa de red del modelo OSI.

#### **3. Capa de transporte**

Permite el dialogo entre equipos de extremo a extremo, igual que la capa de transporte de modelo OSI, pudiendo estar estos equipos

---

13 W. Bolton, (2006) MECATRONICA y Sistemas de control Electrónico en la ingeniería Mecánica y Eléctrica Universidad de Oviedo (Tercera Edición). México, S.A. ISBN 970-15-1117-4. Pág. 475, 476.

situados en la misma habitación o a miles de kilómetros de distancia. Utiliza los protocolos TCP y UDP.

4. **Capa de aplicación:** El modelo TCP/IP no tiene las capas de presentación ni de sesión. La experiencia ha demostrado que esta aproximación es la correcta. Esta capa contiene todos los protocolos de alto nivel como: TELNET, FTP, SMTP, DNS, NNTP, HTTP y otros aquellos nuevos protocolos que se van incorporando.

## 1. **Redes LAN Industriales**

Los estándares más extendidos según la Universidad de Oviedo (2006) son:

### 5. **Map**

Diseñado para el entorno industrial. No actúa a nivel de bus de campo, pero establece pasarelas hacia estos buses mediante terminales. También permite integración en redes WAN. Se desarrolló paralelamente con la arquitectura OSI y su implementación es compatible con los siete niveles de ese modelo.

### 6. **Ethernet Industrial**

La Universidad de Oviedo (España 2006) menciona que: Se implementaba inicialmente sobre cable coaxial, codificándose la señal en banda base mediante el código Manchester. Pero ahora se han desarrollado especificaciones para que se pueda implementar sobre otros soportes físicos: par trenzado, fibra óptica, etc. y soportando mayores velocidades de transmisión. Las técnicas de Ethernet conmutada agilizan el tráfico de la red, aumentando el ancho de banda de transmisión disponible, aumenta el número de nodos que se pueden conectar a una misma red local y minimizan tanto la posibilidad de pérdida de mensajes como el retardo de propagación de estos hacia su destino. Este hecho ha provocado que Ethernet se haya incorporado

definitivamente al entorno industrial como un medio de transmisión fiable y rápida.

El cableado tipo par trenzado bajo las denominaciones 10BASE-T (10Mbps) y 100BASE-TX (100Mbps). En ambos casos se trata de cables STP y UTP. El cable de categoría 5 es el más habitual ya que proporciona la calidad suficiente para la transmisión hasta 100Mbps. Los cables se conectan a los equipos de la red mediante conectores RJ-45. También se utiliza fibra óptica 10BASE-FL o 100BASE-FX. El cable de fibra óptica es más caro, pero puede utilizarse donde hay grandes interferencias electromagnéticas. También pueden alcanzar distancias hasta los dos kilómetros.<sup>14</sup>

#### **7. Red Data Highway (DH) y Red Data Plus (DH+)**

Para Gary Dunning, (2008). Los sistemas DH y DH+ de Allen Bradley son redes de área local (LAN). Mediante estas redes se conectan controladores programables, ordenadores y otros dispositivos para que puedan comunicarse e intercambiar datos entre ellos. Un sistema de cables es el medio físico de transmitir estos datos entre nodos. En las redes DH y DH+, un nodo es una interfaz de hardware.

#### **8. Red Data Highway (DH)**

Para Gary Dunning, (2008). Una red DH usa comunicación entre dispositivos semejantes a través de un esquema de paso del testigo llamado maestro flotante. El maestro controla el acceso a la red y puede iniciar mensajes en cualquier momento. Con este modo de operar, los nodos piden la maestría temporal en base a su necesidad de enviar información. De esta forma, cada nodo tiene el mismo acceso para convertirse en el maestro.

---

<sup>14</sup> Universidad de Oviedo (España 2006). Comunicaciones Industriales. (Capítulo 6).

A diferencia de una relación de maestro/esclavo, una relación de maestro flotante no requiere que el maestro actual llame a cada nodo para otorgar permiso para transmitir la información. El resultado es menos espacio por transacción y una red más eficiente. En el sistema DH, los módulos interfaces controlan el acceso a la red localmente. Esto significa que si un módulo tiene un fallo, los otros módulos continúan comunicándose en la red.

## **9. Red Data Highway Plus (DH+)**

Para Gary Dunning, (2008). La red DH+ usa el protocolo de paso del testigo para permitir que los nodos en la red transmitan mensajes por el cable. Con el protocolo de paso del testigo, solo el nodo que posee el testigo puede transmitir el mensaje. Un nodo es el maestro durante todo el tiempo que posee el testigo. Así es como rotan los nodos para tener la maestría de la red.

Cuando un nodo ha enviado todos sus mensajes o usado todo su tiempo de mantención del testigo, pasa el testigo al nodo de la siguiente dirección más alta. El paso del testigo continua de esta manera hasta que el testigo es pasado al nodo con la dirección más baja. Cuando el nodo con la dirección más baja ha terminado con el testigo, el ciclo vuelve a empezar.

### **1. Interfaz Operador-Maquinas (HMI)**

Es el entorno visual que brinda el sistema para que el operador se adapte al proceso desarrollado por la planta.

Los interfaces Hombre-Máquina, proporcionan un interfaz de control y visualización entre un ser humano y un proceso, maquina, aplicación o dispositivo, además de permitir controlar, monitorizar, diagnosticar y gestionar nuestro proceso.

Gonzalo, Ll. (2009) menciona, La maquinaria y los sistemas de control para procesos industriales se han ido desarrollando para repetir tareas

mecánicamente, siguiendo las pautas marcadas por unos programas de manera que se produzca un aumento en la productividad del sistema.

Este conjunto de razones nos llevan a diseñar sistemas de control que sean flexibles y fáciles de manejar por parte del operario. La combinación de los sistemas de control y la visualización de los procesos en una plataforma o maquinaria reduce el número de componentes automáticos.

Estas plataformas reciben el nombre de HMI (Human Machina Interface).

Las HMI tienen distintas funciones entre las cuales destacan las siguientes:

10. Supervisión de los lazos de control del sistema.
11. Realizar tareas de carga y supervisión de programas de punto de consigna.
12. Transferencia de información entre dispositivos
13. Iniciar acciones por parte del operador.
14. Visualización del estado de las alarmas y los sucesos del sistema.<sup>15</sup>

## 1. Dispositivos de Salida

**Contactores:** Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, cuando se dé tensión a la bobina.

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción.

---

<sup>15</sup> Gonzalo, Ll. (2009). Automatización de una Planta Industrial. Universidad de Alicante. Pág. 160.

Si bien constructivamente son similares a los relés, no son lo mismo. Su diferencia radica en la misión que cumple cada uno: ambos permiten controlar en forma manual o automática, ya sea localmente o a distancia toda clase de circuitos, pero mientras que los relés controlan corrientes de bajo valor; los contactores se utilizan como interruptores electromagnéticos en la conexión y desconexión de circuitos de iluminación y fuerza motriz de elevada tensión y potencia.

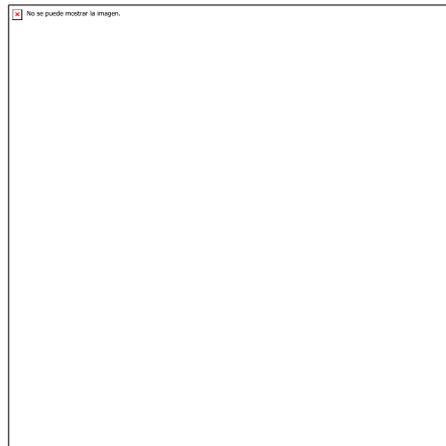


Figura N°2.15: Contactor

Fuente: <http://www.schneider-electric.com/products/es/es/1500-contactores-y-reles-de-proteccion/>

## 2. Dispositivos de Entrada

**Sensores:** Para Bolton, W. (2006). El término sensor se refiere a un elemento que produce una señal relacionada con la cantidad que se está midiendo. Con frecuencia se utiliza el término transductor en vez de sensor.

Un transductor se define como el elemento que al someterlo a un cambio físico experimenta un cambio relacionado. Entonces, los sensores son transductores. Sin embargo, un sistema de medición puede utilizar

transductores, además de sensores, en otras partes del sistema para convertir señales de una forma dada en otra distinta.<sup>16</sup>

## 15. Medidor de Nivel Capacitivo

Para Creus, S. (1997). El Medidor capacitivo es un detector de proximidad capacitivo, dotado de un circuito oscilante RC que está ajustado en un punto crítico y que entra en oscilación cuando se encuentra próximo al lecho del sólido.

El aparato se monta en el tanque en posición vertical o inclinada, y su sensibilidad se coloca al mínimo para evitar el riesgo de excitación del aparato en el caso de una mínima cantidad del sólido pueda depositarse en el detector.<sup>17</sup>

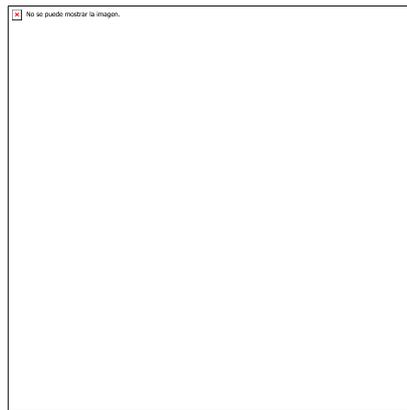


Figura N°2.16: Sensor Capacitivo

Fuente: <http://w3.siemens.com/mcms/sensor-systems/es/instrumentacion-de-procesos/medicion-de-nivel/deteccion-de-nivel/capacitiva>

## 1. Gestión de Alarmas

---

<sup>16</sup> William Bolton, (2006). Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica (3.a edición). México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor S.A. Pág. 17.

<sup>17</sup> Antonio Creus Solé, (2010). Instrumentación Industrial (8.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pág. 229.

Creus, S. (1997) menciona que, Una alarma expresa una situación anormal que puede causar importantes incidentes y pérdidas de producción, y en casos extremos de vidas. A veces, la gestión de alarmas no ha sido bien estudiada desde el punto de vista de ayuda al operador de la planta, por lo que suele haber demasiados puntos de alarma. De este modo, el operador ve normalmente a las alarmas como una molestia en lugar de una ayuda.

Por ello, es de interés realizar una buena gestión de alarmas, teniendo en cuenta además que la gestión correcta ayuda al operador a realizar un mejor trabajo en la operación de la planta.

De acuerdo con las recomendaciones de EEMUA (Engineering Equipment Manufacturers and User Association) debe prestarse atención a los siguientes puntos:

16. Enfocar la atención del operador a las alarmas más importantes.
17. Los mensajes deben ser claros y comprensibles.
18. Proporcionar la información sobre la acción correctora recomendada y registrar los comentarios sobre las acciones tomadas o sobre las requeridas en el futuro.
19. Bloquear todas las alarmas de un instrumento de campo o de un área del proceso (por ejemplo, si el instrumento se está revisando o una parte de la planta esta parada).
20. Analizar las alarmas para identificar las ruidosas y molestas o las áreas que requieren de un entrenamiento adicional de los operados.<sup>18</sup>

## **1. Controlador Lógico Programable**

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

---

<sup>18</sup> Antonio Creus Solé, (2010). Instrumentación Industrial (8.a edición). Barcelona, España: Marcombo, S. A. ISBN: 970-15-0246-9. Pág. 627.

Para Bolton, W. (2006). Un controlador lógico programable (*PLC, programmable logic controller*) es un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos y que se ha diseñado específicamente para programarse con facilidad. Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que la programación tiene que ver principalmente con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación.

Los dispositivos de entrada (como interruptores) y los dispositivos de salida (como motores) que están bajo control se conectan al PLC, después el controlador monitorea las entradas salidas de acuerdo con el programa almacenado por el operador en el PLC con el que controla máquinas o procesos.

Los PLC tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrar las conexiones de los dispositivos de entrada y salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes.

También estos controladores son más rápidos que los sistemas a base de relevadores. El resultado es un sistema flexible que se puede usar para controlar sistemas muy diversos en su naturaleza y su complejidad.

Tales sistemas se usan ampliamente para la implementación de funciones lógicas de control debido a que son fáciles de usar y programar.

Los PLC son similares a las computadoras, pero tienen características específicas que permiten su empleo como controladores. Estas características son:

1. Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.

2. La interface para las entradas y las salidas está dentro del controlador.
3. Es muy fácil programarlos, así como entender el lenguaje de programación. La programación básicamente consiste en operaciones de lógica y conmutación. 19



Figura N°2.17: PLC

Fuente: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/logic-module-logo/overview/Pages/default.aspx>

## CAPÍTULO III

### HIPOTESIS

---

19 William Bolton, (2006). Mecatrónica Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica (3.a edición). México, D.F.: Alfaomega Grupo Editor S.A. Pág. 444.



## **4. HIPOTESIS**

### **1. General**

El diseño de un sistema automatizado permitirá reducir pérdidas de producto y tiempo en el sistema de reprocesamiento de galletas existente en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la empresa Galletera Del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad.

### **2. Variables**

#### **1. Variable Independiente:**

Diseño de un sistema de automatización industrial.

#### **Indicador de Variable independiente:**

1. Variables que se tendrá en cuenta para realizar la automatización
2. Precisión, confiabilidad, escalabilidad
3. Tiempo de respuesta

#### **1. Variable Dependiente:**

Reducción de pérdidas de producto y tiempo en el reprocesamiento de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3.

#### **Indicador de Variable dependiente:**

4. Masa de producto de reproceso
5. Tiempo de la etapa de transporte
6. Tiempo de la etapa de molido
7. Cantidad promedio de producto perdido.

### **1. Operacionalización de las variables**



Tabla N°3.1: Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Formula	Unidades de medida
Diseño de un sistema de automatización industrial.	Es la planificación y creación de un sistema que permite controlar procesos industriales eliminando la mano de obra pasiva y aumentando la productividad. Provee a los operadores humanos de mecanismos autónomos o semi autónomos para ayudarlos a extender sus capacidades físicas al realizar tareas conocidas por él, de	Se realiza la propuesta del diseño mediante la recolección y análisis de datos, acorde a las necesidades que están involucradas en el reproceso de galletas.	Variables que se tendrá en cuenta para realizar la automatización.	Diagramas de proceso e instrumentación (P&ID)	-----	N° de variables
			Precisión Confiabilidad Escalabilidad	Filosofía de Operación y Control del proceso	-----	De los actuadores

	una manera más eficiente y segura.					
--	------------------------------------	--	--	--	--	--

*Fuente: Elaboración Propia.*

Tabla N°3.2. Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicadores	Instrumento	Formula	Unidades de medida
Funcionamiento autónomo de las etapas del reproceso de galletas.	Consiste en el funcionamiento de un proceso que opera con la mínima e incluso sin la intervención del ser humano.	Mediante la lectura de los instrumentos de campo, se realiza el proceso de control por parte del controlador lógico programable (PLC) de las variables asociadas al reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3.	Etapas de control	Filosofía de Operación y Control del proceso	-----	N° de etapas
			Simulación del reproceso de galletas	Software TIA-PORTAL	-----	-----
Reducción de pérdidas de producto y tiempo en el reprocesamiento de galletas en las líneas de producción N°2 y N° 3.	Evitar pérdidas de producto y tiempo no deseadas durante el reprocesamiento de galleta.	Con un sistema automático que evite que la galleta se desborde y sea desechada, transportándola hacia su trituración y posterior reinserción en la masa principal.	Tiempo de la etapa de transporte	Reportes	-----	Minutos
			Tiempo de la etapa de molido	Reportes	-----	Minutos
			Cantidad promedio de producto perdido.	Reportes	-----	Kg / Ton
			Masa de producto de reproceso	Reportes	-----	Kg / Ton



***Fuente: Elaboración propia***

# CAPÍTULO IV

## OBJETIVOS

## **8. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Realizar el diseño de un sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la Galletera Del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad.

### **2. Objetivos Específicos**

1. Evaluar el sistema de reproceso de galletas existente en la Galletera del Norte S.A. y su operación, teniendo en cuenta: variables de proceso, sistemas de entrada y salida, y dimensiones físicas.
2. Proponer una alternativa de reproceso que cumpla con los requerimientos del área de aseguramiento de la calidad para optimizar el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3.
3. Realizar el diseño del sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3.

# CAPÍTULO V

## MATERIALES Y PROCEDIMIENTO

### **1. Población**

Cantidad de producto y tiempo perdido.

### **2. Muestra**

Cantidad de producto y tiempo perdido en un mes.

### **3. Diseño de contrastación**

O1----- X -----O2

En donde:

**O1** : Análisis de requerimientos del sistema de proceso de galletas.

**X** : Propuesta para automatizar el sistema de reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3 en la Galletera del Norte S.A.

**O2** : Simulación del sistema automatizado de reproceso de galletas mediante el software TIA-PORTAL.

### **4. Metodología**

Se realizara entrevistas al personal encargado del área de producción para saber cuál es el procedimiento que ellos usan para el reprocesamiento del producto.

Identificar las causas que ocasionan que parte del producto que se produce, se pierda.

Diseñar el sistema automatizado de reprocesamiento del producto.

Diseñar las pantallas con las cuales interactuará el personal de producción.

Hacer las simulaciones correspondientes para validar nuestra propuesta.

### **5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para la recolección de datos, se ha utilizado una encuesta, la cual ha sido aplicada a los responsables del área de producción, para evaluar la cantidad de pérdidas de galleta y los tiempos que emplean en reprocesarla, de acuerdo al sistema actual que utilizan.

Tabla N° 5.1. Modelo de Encuesta

<b>ENCUESTA</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
<b>1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización:</b>	<b>GALLETERA DEL NORTE S.A.</b>
<b>1.2. Ubicación (Localidad – Departamento):</b>	<b>TRUJILLO – LA LIBERTAD</b>
<b>1.3. Nombre de la persona encuestada:</b>	<b>MARIA DE LOS ANGELES BOBADILLA AÑASCO</b>
<b>2. ¿POR QUÉ MOTIVOS SE PRODUCEN LAS GALLETAS PARA REPROCESO?</b>	
<b>3. Referente a la pregunta anterior. ¿ESTOS EVENTOS SON REALIZADOS CON FRECUENCIA? (Especificar la frecuencia)</b>	
<b>4. ¿GENERALMENTE EN QUE ETAPA DEL PROCESO DE FABRICACION SE GENERAN MAS GALLETAS CON CALIDAD DE REPROCESO?</b>	
<b>5. ¿REALIZAN ALGUN TIPO DE CONTROL DE LA CANTIDAD DE LA GALLETA CON CALIDAD DE REPROCESO?</b>	
<b>6. ¿QUIÉNES SON LOS ENCARGADOS DE REALIZAR LA TAREA DE RETIRO, TRANSPORTE Y POSTERIOR MOLIDO DE LA GALLETA CON CALIDAD DE REPROCESO?</b>	

<b>7. ¿QUE METODO EMPLEAN PARA RETIRAR Y ALMACENAR LA GALLETA DE REPROCESO?</b>
<b>8. ¿QUE METODO EMPLEAN PARA TRANSPORTAR LA GALLETA DE REPROCESO?</b>
<b>9. ¿QUE PORCENTAJE DE GALLETA PRODUCIDA, CREE USTED QUE SE PIERDE POR DIA?</b>
( ) Menor al 5% del total      ( ) Menor al 10% del total      ( ) Menor al 50% del total
<b>10. ¿CUANTO TIEMPO LES LLEVA RETIRAR Y TRANSPORTAR LA GALLETA DE REPROCESO HACIA EL MOLINO?</b>
<b>11. ¿ESTOS TIEMPOS SON CONSTANTES O DE QUE DEPENDEN SU VARIACION?</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

Del mismo modo para evaluar y corroborar los tiempos que tardan en retirar y llenar la galleta de reproceso en sacos, se generó la Tabla N° 3.4 con los tiempos en que los inspectores de producción se tardaron en realizar esta labor durante el periodo comprendido entre el 07/12/2015 al 12/12/2015.

*Tabla N°5.2. Tiempo empleado para retirar y llenar la galleta de reproceso en sacos, del 07/12/2015 y el 12/12/2015.*

PERIODO	TIEMPO PROMEDIO EMPLEADO por SACO
7/12/2015	11 minutos
8/12/2015	9 minutos
9/12/2015	8 minutos
10/12/2015	10 minutos

11/12/2015

11 minutos

12/12/2015

11 minutos

*Fuente: Elaboración Propia*

## 6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Tabla N°5.3. Análisis de la Encuesta Utilizada

<b>5. ENCUESTA</b>	
<b>1. DATOS GENERALES</b>	
<b>1.1. Nombre completo de la Empresa u Organización:</b>	<b>GALLETERA DEL NORTE S.A.</b>
<b>1.2. Ubicación (Localidad – Departamento):</b>	<b>TRUJILLO – LA LIBERTAD</b>
<b>1.3. Nombre de la persona encuestada:</b>	<b>MARIA DE LOS ANGELES BOBADILLA AÑASCO</b>
<b>2. ¿POR QUÉ MOTIVOS SE PRODUCEN LAS GALLETAS PARA REPROCESO?</b>	
Se producen porque cada vez que se acaba la bobina de empaque tiene que parar la maquina empaquetadora para cambiar la bobina También se producen por las fallas que con frecuencia se producen en la maquina empaquetadora	
<b>3. Referente a la pregunta anterior. ¿ESTOS EVENTOS SON REALIZADOS CON FRECUENCIA? (Especificar la frecuencia)</b>	
Podría decirse que si ya que se producen entre 10 y 15 veces al día	
<b>4. ¿GENERALMENTE EN QUE ETAPA DEL PROCESO DE FABRICACION SE GENERAN MAS GALLETAS CON</b>	

<b>CALIDAD DE REPROCESO?</b>
En la etapa de Apilado
<b>5. ¿REALIZAN ALGUN TIPO DE CONTROL DE LA CANTIDAD DE LA GALLETA CON CALIDAD DE REPROCESO?</b>
No
<b>6. ¿QUIÉNES SON LOS ENCARGADOS DE REALIZAR LA TAREA DE RETIRO, TRANSPORTE Y POSTERIOR MOLIDO DE LA GALLETA CON CALIDAD DE REPROCESO?</b>
Los inspectores se encargan de retirar la galleta de la línea de producción
<b>7. ¿QUE METODO EMPLEAN PARA RETIRAR Y ALMACENAR LA GALLETA DE REPROCESO?</b>
El retiro lo hacen manualmente y lo almacenan en sacos
<b>8. ¿QUE METODO EMPLEAN PARA TRANSPORTAR LA GALLETA DE REPROCESO?</b>
Usamos un carrito pequeño para transportar los sacos llenos de galleta
<b>9. ¿QUE PORCENTAJE DE GALLETA PRODUCIDA, CREE USTED QUE SE PIERDE POR DIA?</b>
<input type="checkbox"/> Menor al 5% del total <input checked="" type="checkbox"/> Menor al 10% del total <input type="checkbox"/> Menor al 50% del total
<b>10. ¿CUANTO TIEMPO LES LLEVA RETIRAR Y TRANSPORTAR LA GALLETA DE REPROCESO HACIA EL MOLINO?</b>
Bueno retirar la galleta les toma alrededor de 9 minutos por saco. Y su transporte pues lo hacen cada tres días más o menos
<b>11. ¿ESTOS TIEMPOS SON CONSTANTES O DE QUE DEPENDEN SU VARIACION?</b>
Estos tiempos no son constantes necesariamente, si no que varían de que tan rápido se almacenen una considerable cantidad de sacos cerca de la línea. Esta cantidad considerable está comprendida entre 20 a 25 sacos

*Fuente: Elaboración Propia.*

Teniendo ya el análisis, evaluación e identificación de las causas y/o deficiencias con las que cuenta el sistema de reproceso actual en la empresa, se procede a realizar el diseño de la propuesta.

## **1. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA AUTOMATIZACION**

Actualmente la empresa de galletas “Galletera del Norte S.A.”, no cuenta con controladores en campo debido a que su proceso no se encuentra automatizado en ninguna de sus etapas, por tal motivo nuestra propuesta iniciara el cambio a una automatización total de la planta en un futuro cercano.

Se detallan los elementos necesarios para diseñar el sistema automatizado, empezando por el controlador lógico programable (PLC), el sistema de comunicación entre el PLC y la herramienta que tendrá el HMI.

En el HMI se visualizaran las diferentes etapas pertenecientes al reproceso de la galleta; el estado de los actuadores, así como la activación y/o desactivación de los mismos ya sea por motivos de proceso, mantenimiento o emergencia.

## **2. Selección del Controlador Lógico Programable**

La línea de controladores SIMATIC S7-1500 de la marca SIEMENS, constituyen la familia modular de controladores lógicos programables (PLC) para gamas media y baja, basados en un perfil soporte en donde se

van integrando los distintos elementos modulares como son: procesador, E/S digitales, E/S analógicas, fuente de alimentación y dispositivos periféricos. Asimismo dispone de módulos de comunicación para distintas configuraciones en los diversos sistemas de bus y conexiones punto a punto, habilitado para tener hasta un máximo de 32 módulos.

El software para programar y configurar los controladores SIMATIC S7-1500 es el portal Totally Integrated Automation (TIA PORTAL) con STEP 7 Professional V12 o superior.

El controlador S7-1500 se compone de una fuente de alimentación, un CPU con display integrado y módulos de entradas y salidas para señales digitales y analógicas. Los módulos se montan en un perfil soporte con perfil DIN integrado.

En caso necesario, se pueden utilizar también procesadores de comunicaciones y módulos de función para tareas especiales, como p. ej. Control de motor pasó a paso.

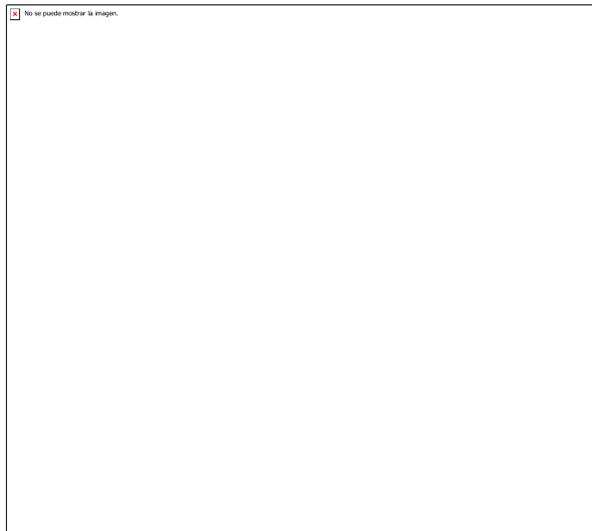


Figura N°5.1: PLC Simatic S7-1500

Fuente: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable>

Siemens en su página oficial específica y recomienda a sus clientes quienes deseen iniciar un Sistema de automatización desde cero, la utilización de un PLC S7-1500 como el PLC de estación de cabecera, ya que será una protección de la inversión pensando en posibles planes de expansión, puesto que el PLC S7-1200 es ideal para diseños donde no hay posibles expansiones en el futuro y/o existe una restricción de coste.

Es así que se plantea el siguiente ejemplo aplicativo donde se hace uso de un PLC S7-1500 como estación de cabecera y múltiples PLC S7-1200 como subestaciones:

Una comunicación cíclica se requiere a menudo para tareas de sincronización e intercambio de información de control y estado entre una estación de cabecera (en este caso el cliente) y varias subestaciones distribuidas (en este servidor) a través de Ethernet Industrial.

Los siguientes puntos se pondrán en práctica:

6. Suministrando a todos los controladores de campo con las mismas o diferentes registros de datos de la estación de cabecera.
7. La actualización de los registros de datos, de todas las subestaciones de la estación de cabecera.

En un ejemplo de aplicación, la solución ofrece un programa modular de STEP 7 V13 para la sincronización entre cabecera y subestaciones. Los componentes de hardware empleadas son S7-1200 CPUs en las subestaciones, y un S7-1500 en la estación de cabecera. El programa ofrece las siguientes funcionalidades:

8. Suministrar a las subestaciones (servidores) con registros de datos definidos por el usuario (sincronización de escritura).
9. La actualización de los registros de datos definidos a partir de las subestaciones (servidores) con la estación de cabecera del cliente (sincronización de lectura).

La solución introducida aquí ofrece las siguientes ventajas:

10. Cambios simples de tamaño y ubicación de almacenamiento de las áreas de datos que se sincronizarán en el proyecto de ejemplo.
11. Proyecto escalable para la aplicación de menos o más de cuatro subestaciones.

### **1. Selección del Procesador**

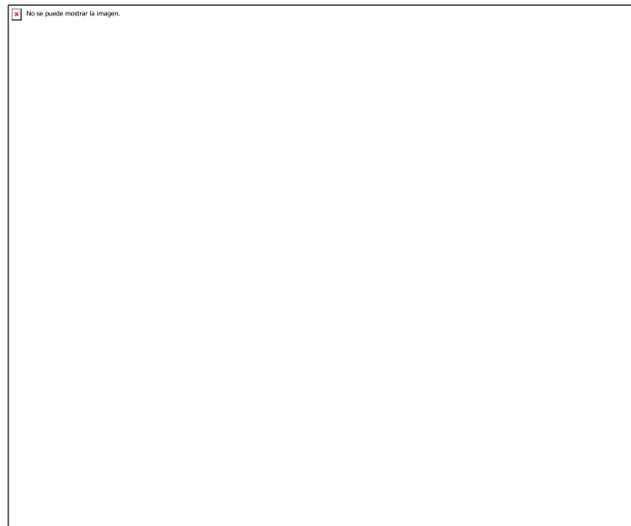
Para la selección del controlador S7-1500 se tiene que tener en cuenta la complejidad de lo que se va a controlar, los requerimientos de la programación (memoria de trabajo para el código, número de

bloques) y el número y tipo de interfaces de comunicación que se va a emplear.

Tomando en cuenta las características mencionadas se selecciona el procesador CPU 1516-3 PN/DP, pues este tipo de procesador se caracteriza principalmente por ofrecer soluciones positivas a las aplicaciones de proceso continuo como el que se realiza en Planta del presente estudio. Asimismo posee opciones adicionales de comunicación (2 interfaces Profinet y 1 Profibus) pensando en la futura escalabilidad de la planta.

Las especificaciones generales del procesador se muestran en la siguiente figura:

*Tabla N°5.4. Especificaciones del procesador CPU 1516-3 PN/DP*



Fuente: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/Pages/default.aspx>

## **2. Selección de los Módulos de Entrada**

Los módulos de entrada son los medios por los cuales el PLC va a leer el estado de los sensores de presencia o fotoeléctricos; los medidores de nivel que se encontraran en las silos y en molino, y los pulsadores de START-STOP y OPEN. El número de entradas se determina en función al número de sensores y pulsadores utilizados

en la Planta. En la Tabla 3.16 se muestra el número de entradas de cada etapa del reproceso a controlar.

*Tabla N°5.5. Entradas de cada etapa del sistema de reproceso*

<b>ETAPA</b>	<b>N° ENTRADAS</b>
Pulsadores	3
Transporte	4
Silos	8
Molino	2
<b>TOTAL</b>	<b>17</b>

*Fuente: Elaboración Propia.*

Basándose en el requerimiento se utilizará dos módulos de 16 entradas. Dado que el tipo de salida de los sensores es digital (1 ó 0) se elige el módulo de entrada digital DI 16x24VDC HF cuya característica se muestra en la siguiente figura:

*Tabla N°5.6. Características del módulo DI 16x24VCD HF*



Fuente: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/Pages/default.aspx>

### 3. Selección de los Módulos de Salida

Los módulos de salida son los medios por los cuales el PLC enviará las señales de control para el funcionamiento de la Planta. Estos módulos serán conectados a los contactores para el control de los motores y a los solenoides de las electroválvulas.

Se tiene que tener en cuenta que los solenoides son energizados con una tensión de 24Vdc y los contactores seleccionados son accionados con una tensión de 220Vac.

En consecuencia se requiere de salidas de tipo de contacto relé AC y DC, asimismo el número de salidas se determina en función al número de contactores y al número de solenoides que se emplearán para en funcionamiento automático de la Planta. En la Tabla 3.16 se muestra el número de salidas de cada etapa del reproceso a controlar.

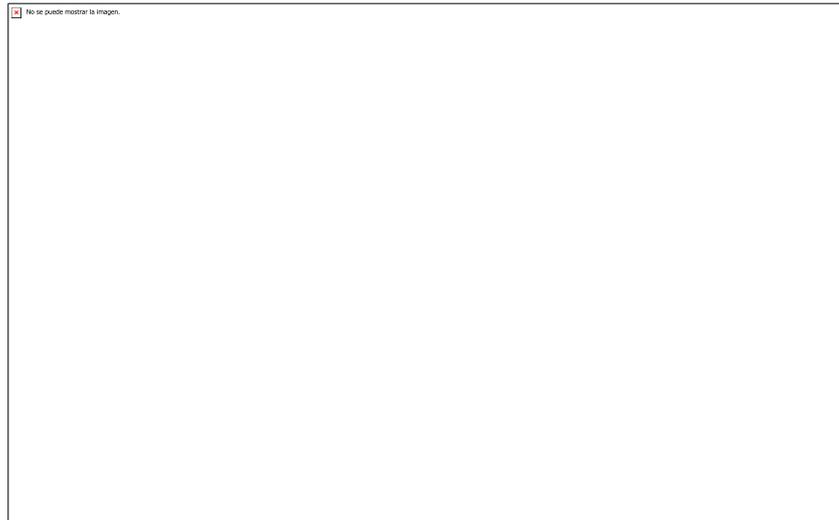
*Tabla N°5.7. Salidas de cada etapa del sistema de reproceso*

ETAPA	N° SALIDAS
Transporte	9
Silos	4
Molino	3
TOTAL	16

*Fuente: Elaboración Propia.*

De acuerdo al requerimiento planteado se emplearán un módulo de salida DQ 16x24VDC/0.5A ST de tipo de contacto de relé 24Vdc de 16 salidas para el control de los solenoides de las electroválvulas, y un módulo de salida DQ 8x230VAC/5A ST de tipo de contacto de relé 230Vac de 8 salidas para el control de los motores, cuya características se muestran en la siguiente figura:

Tabla N°5.8. Características del módulo de saluda DQ 8x230VAC/5A ST



Fuente: <https://w3.siemens.com/mcms/programmable-logic-controller/en/Pages/default.aspx>

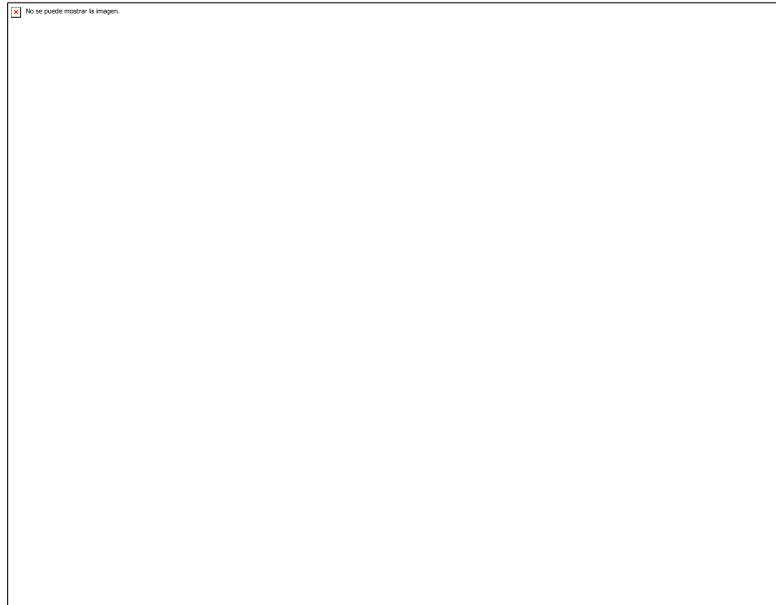
## 2. Selección del Interfaz de Usuario:

El interfaz de usuario que se propone emplear es un panel de operador KTP600 Basic Color PN de la familia SIMATIC HMI Basic Panels de marca SIEMENS. Este equipo se emplea principalmente cuando se desea monitorear, controlar y desplegar información de un proceso determinado, ofreciendo de forma estándar numerosas funciones de software, a saber: sistema de avisos, administración de recetas, funcionalidad de curvas y cambio de idioma. Los Basic Panels ofrecen justo la funcionalidad básica deseada y a un precio óptimo.

La configuración y el diseño de las pantallas del Basic Panel son desarrolladas en el portal Totally Integrated Automation (TIA PORTAL) con SIMATIC WinCC Basic V12 o superior. El software SIMATIC WinCC Basic proporciona diversas herramientas para realizar un interfaz de usuario más ilustrativo y de fácil entendimiento, asimismo proporciona la integración perfecta con SIMATIC STEP7 en donde se encuentra todo

el sistema de control (bloque de programa) y de esta manera hay un intercambio información entre el HMI y el PLC.

*Tabla N°5.9. Características del panel de operador KTP600 Basic Color PN*



Fuente: <https://w3.siemens.com/mcms/human-machine-interface/en/operator-devices/basic-hmi/Pages/Default.aspx>

El HMI deberá de presentar las siguientes características: visualización de variables de proceso, generación de alarmas, representación y manipulación de instrumentos y actuadores, todo esto se presenta en cada una de las pantallas. En la siguiente tabla N° 6.0, se detalla cada una de las pantallas:

*Tabla N°6.0. Pantallas del HMI diseñado*

<p><b>Pantalla Principal</b></p>	<p>Es la pantalla de inicio del HMI, en la cual se presentan los botones que enlazan a la pantalla principal con las pantallas de transporte, silos, molino y START-STOP. Adicionalmente mostramos la fecha y hora.</p>
<p><b>Pantalla de Transporte</b></p>	<p>Se muestran los botones de los motores pertenecientes a las fajas y a los transportadores helicoidales sinfín para ambas líneas de producción, los cuales informan sobre su estado actual (ON-OFF),</p>

<p><b>Pantalla de Silos</b></p>	<p>así como permiten su activación o desactivación de los mismos por carácter de mantenimiento o fallas.</p> <p>Se muestran los botones de las válvulas pertenecientes a los silos de almacenamiento de la galleta de reproceso, para ambas líneas de producción, los cuales informan sobre su estado actual (ON-OFF), así como permiten su activación o desactivación de los mismos por carácter de mantenimiento o fallas.</p>
<p><b>Pantalla de Molino</b></p>	<p>Se muestran los iconos pertenecientes a los niveles de alto y bajo del molino, el estado del motor del molino, el estado de la válvula de salida del molino, la alarma que indica al operador el término del molido de la galleta, el tiempo actual transcurrido desde el inicio del molido, así como el botón para la apertura de la válvula de salida del molino.</p>
<p><b>Pantalla de START-STOP</b></p>	<p>Aquí se muestran los botones de START y STOP para el inicio y parada de emergencia del sistema.</p>

Fuente: Elaboración propia.

### 3. Selección de la Red de Comunicación:

El control de la Planta está compuesto por el controlador que estará en comunicación con el panel de operador (HMI), el cual permitirá el control y monitoreo de las etapas del reproceso de galleta. Es necesario seleccionar el tipo de comunicación entre el PLC y HMI. La línea de controladores SIMATIC S7-1500 soporta varios tipos de protocolos de comunicación como por ejemplo: Profibus DP, Profinet, DH-485, Ethernet y otros.

Sin embargo se empleará la red de comunicación vía Industrial Ethernet a través de la interfaz PROFINET integrada en la CPU, o a través de un módulo de comunicaciones CP 1543-1.

Es posible conectar:

1. SIMATIC S7-1200, S7-1500, S7-300, S7-400.
2. SIMATIC S5-115U/H, S5-135U, S5-155U/H
3. Programadoras
4. PC, PC industriales
5. Sistemas para manejo y visualización SIMATIC HMI
6. Controles numéricos
7. Equipos de otros fabricantes.

Protocolos compatibles:

8. TCP/IP
9. UDP
10. SNMP
11. DCP
12. LLDP
13. HTTP
14. HTTPS
15. MODBUS TCP

El Industrial Ethernet CP 1543-1 ofrece las siguientes funcionalidades adicionales:

16. 1 interfaz Gigabit
17. Soporte IPv6
18. Seguridad: protección de acceso mediante identificación de hardware, listas de acceso IP/MAC, firewall, túneles VPN
19. Comunicación con sistemas S5 a través del protocolo ISO
20. FTP (cliente/servidor), correo electrónico, SNMPv1/v3.

Esta aplicación es fiable y aplicable en entornos industriales rudos, un sistema de cableado para rápida conectorización en situ y redundancia en alta velocidad

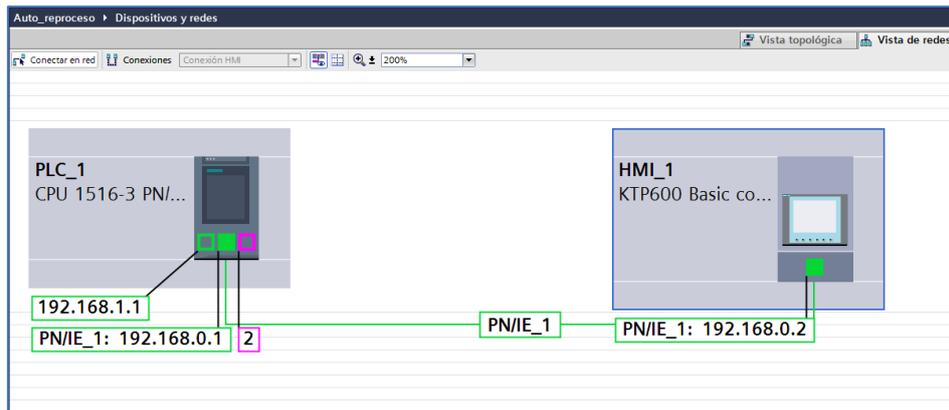


Figura N°5.2: Comunicación entre PLC y HMI

Fuente: Elaboración Propia

### 1. Diseño de Conexión entre Controlador y Panel de Operador:

La conexión del controlador y el panel de operador considerado para este diseño se muestra en la Figura 3.10 , asimismo se muestra la alimentación al controlador que será de las líneas del sistema trifásico 220 Vac, para la protección contra sobre corriente se considera usar dos fusibles de 20 A que es la máxima corriente soportada por el controlador. La alimentación del panel de operador es dado por la fuente del PLC que suministra una tensión de 24 V DC. El cable que comunica al PLC con el panel de operador es un cable STP cat5e.

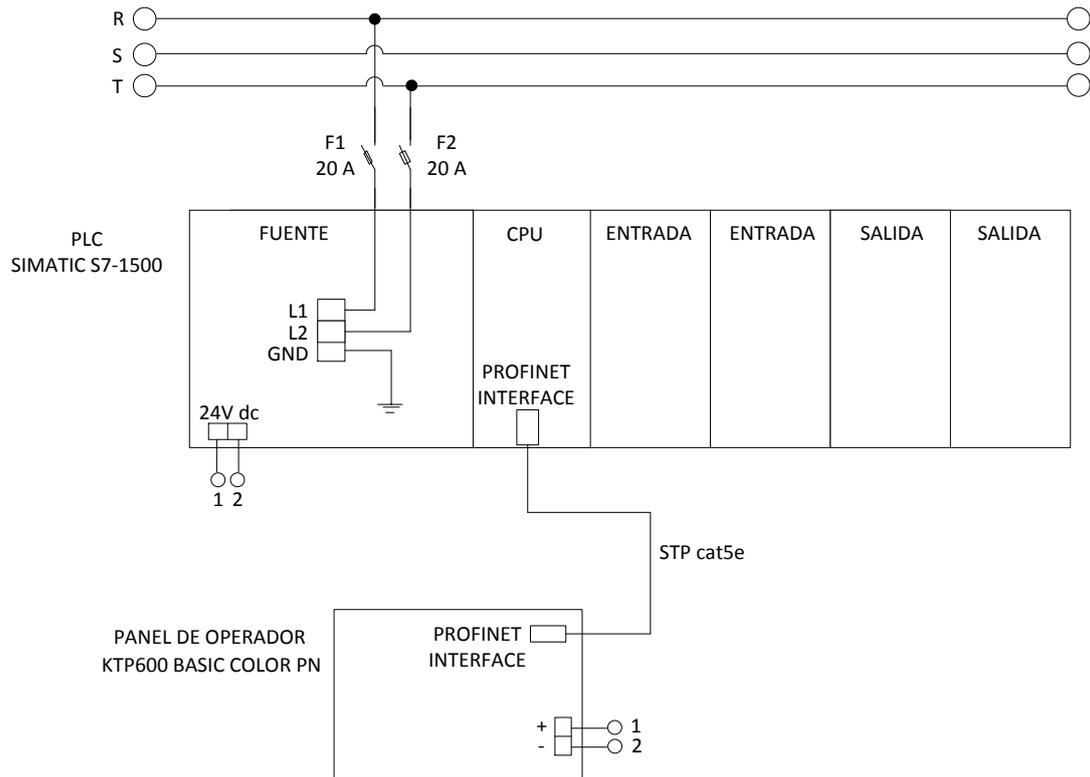


Figura N°5.3: Diseño de conexión entre PLC y Panel de Operador

Fuente: Elaboración Propia

## 2. Diseño del Diagrama de Proceso e Instrumentación (P&ID):

Con el propósito de entender cada uno de los futuros procesos seguidos en la instalación, códigos de instrumentos, modos de funcionamiento y brindar información imprescindible para organizar el mantenimiento y para resolver problemas que surjan, se diseñó el diagrama de Proceso e Instrumentación (P&ID), siguiendo los estándares de la Norma ISA S5.1.



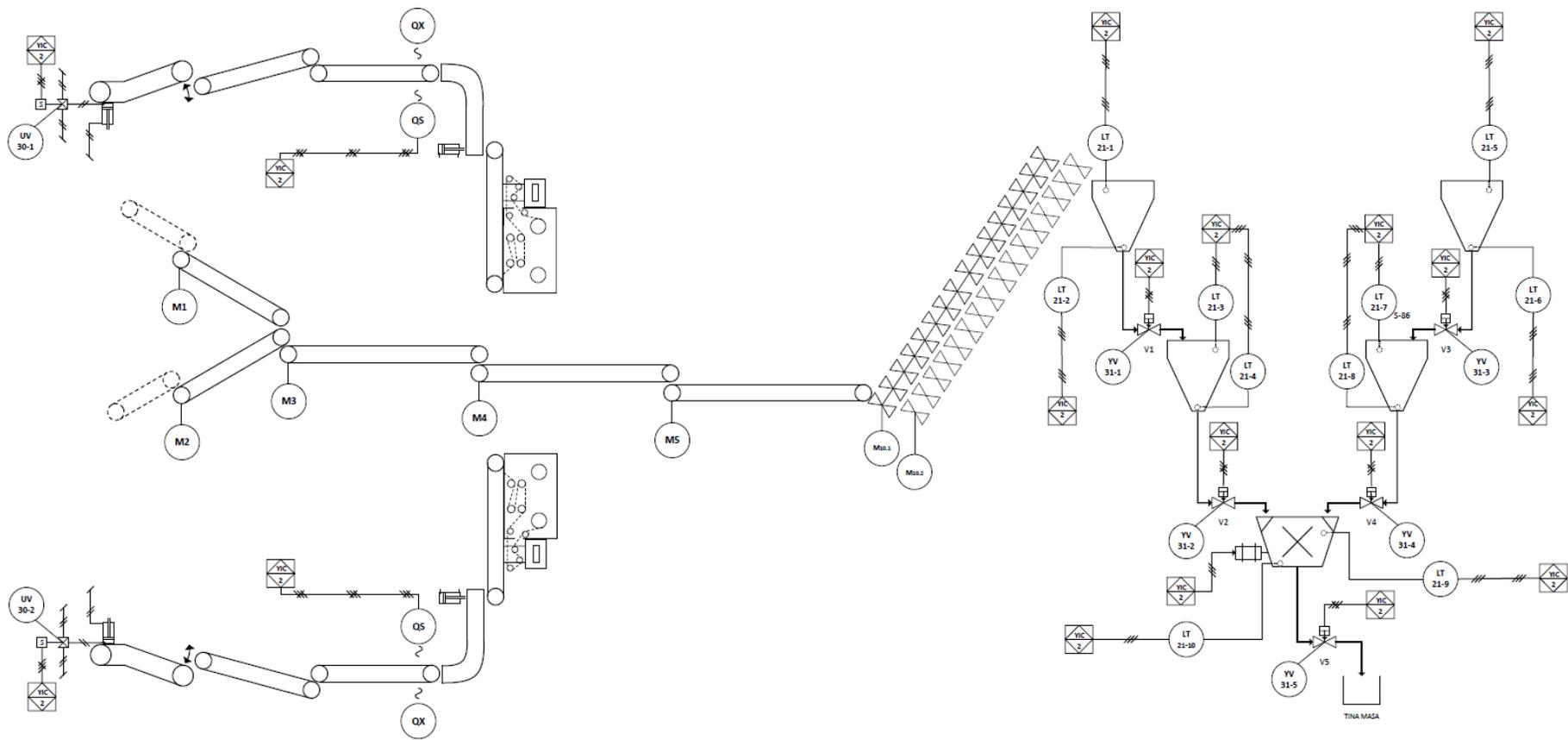


Figura N°5.4: Diagrama de Proceso e Instrumentación según Norma ISA S5.1

Fuente: Elaboración Propia

### **3. Diseño del Software de Control:**

#### **1. Programación en Lenguaje Ladder:**

La programación del sistema de control de reproceso se desarrollará en el software TIA PORTAL en el cual se empleará el lenguaje escalera, para luego ser descargado dicho programa al PLC SIMATIC S7 1500. Para iniciar el desarrollo del programa se tiene que configurar el tipo de controlador que se va emplear y asimismo asignar los tipos de módulos de entrada y salida que se emplearán.

#### **2. Proceso Programado:**

El programa que se desarrollará en el lenguaje ladder está compuesto por dos funciones principales, las cuales permitirán el funcionamiento automático del reproceso de galletas. Las dos principales funciones que se emplearán son las siguientes.

##### **1. Función de Transporte de la Galleta de Reproceso:**

Esta función permite que la galleta de reproceso sea transportada desde la línea de producción, ya sea de la línea 2 y/o 3 hasta los silos, en donde son distribuidos según la línea de producción de procedencia, a fin de prepararla para su trituración. Esta función inicia con la activación de cualquiera de los cuatro sensores fotoeléctricos: QS1 y QS2, pertenecientes a la línea 3; y QS3 y QS4, pertenecientes a la línea 2. Esta activación encenderá automáticamente los siguientes motores: los motores de activación de cada puente neumático (M2 para la línea 3 y M5 para la línea 2), los motores de las fajas transportadoras situadas entre el puente neumático de cada la línea y la faja general de reproceso (M3 para la línea 3 y M6 para la línea 2), los tres motores de la faja principal de reproceso (M7, M8, M9), y finalmente los motores de la fajas helicoidales, (M10.1, para la línea 3 y M10.2 para la línea 2).

Es a través de estas fajas que la galleta será transportada hasta su almacenamiento en silos. Cada línea dispondrá de dos silos, los cuales serán ocupados de manera secuencial. Cada uno de estos silos contarán con dos sensores de nivel: un sensor de nivel bajo y otro de nivel alto, los cuales informaran al controlador sobre su estado (ocupado o desocupado). De la misma forma cada silo contara con una válvula neumática, la cual será activada a través de una electroválvula y permitirá la salida de la galleta. Esta función de distribución ha sido programada de forma que el sistema solo permitirá que el molino pueda triturar la galleta procedente de un silo a la vez, es decir la prioridad lo tendrá el silo que más rápido se llene.

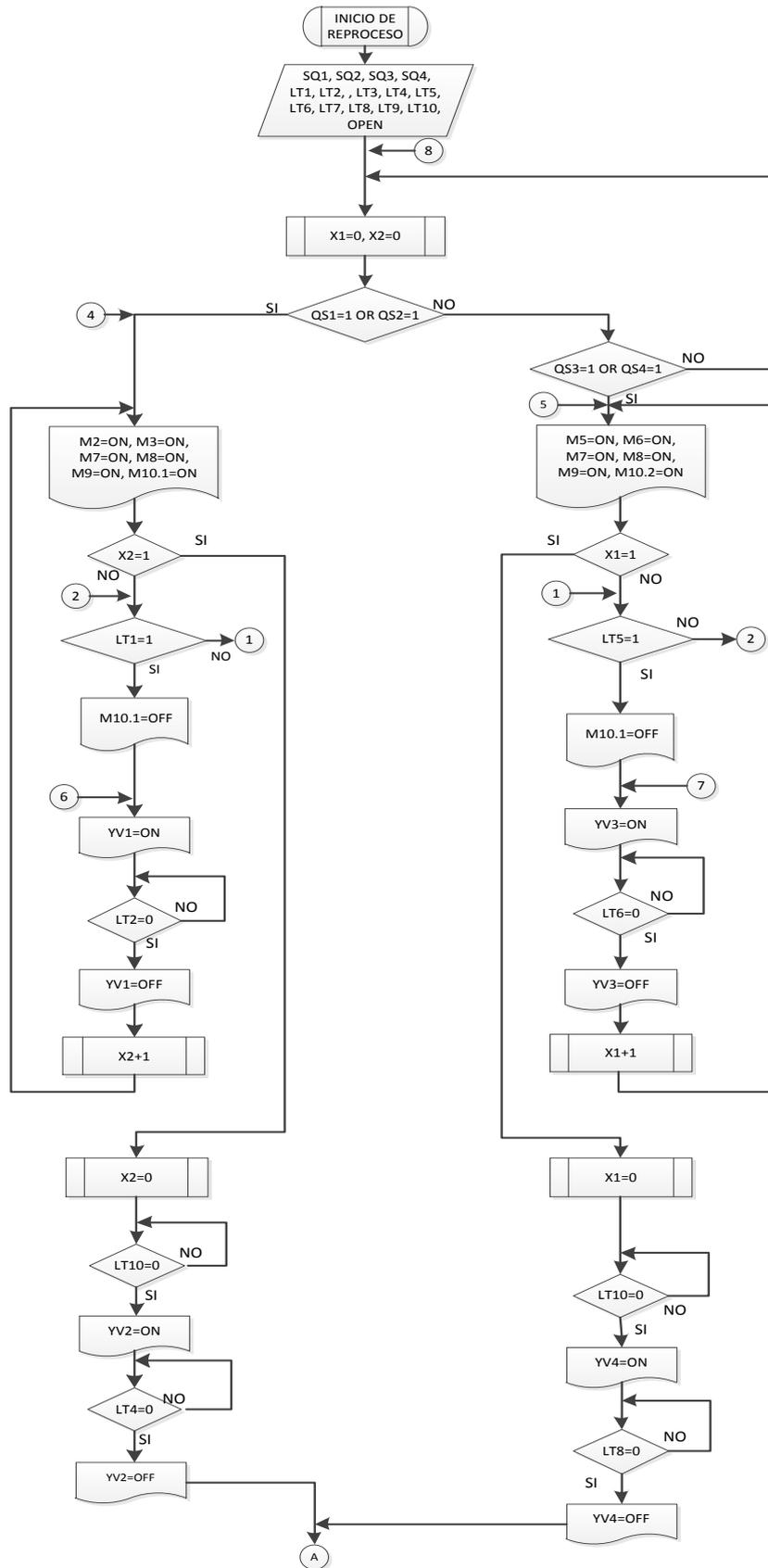


Figura N°5.5: Diagrama de Flujo del Diseño de Control para la etapa de Transporte

Fuente: Elaboración Propia

## 2. Función de Triturado de la Galleta de Reproceso:

Esta función permite preparar la galleta de reproceso para su introducción en la amalgama principal del proceso de producción, la cual inicia con la activación del sensor de nivel alto del molino, lo que marca el inicio del proceso de trituración. La activación de este sensor activa el encendido del motor del molino, el cual mediante un temporizador interno del programa lo mantendrá encendido por un periodo de 5 minutos. Pasado este tiempo la galleta triturada en el molino quedara lista para ser vertido a un recipiente externo a través de una válvula de salida.

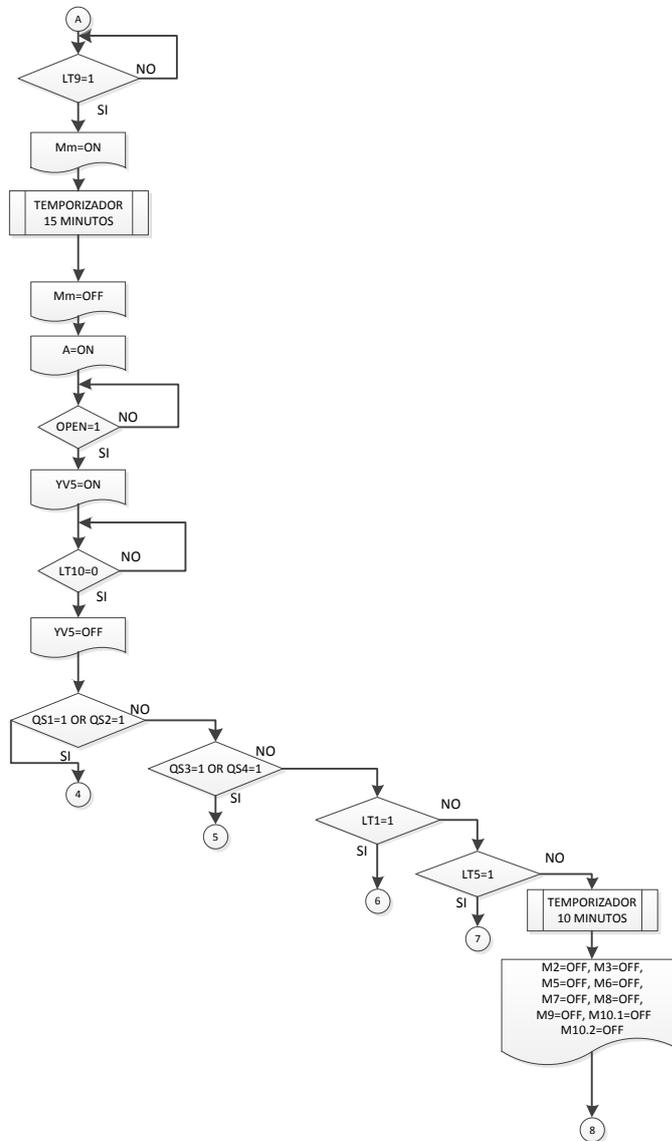


Figura N°5.6: Diagrama de Flujo del Diseño de Control de la Etapa de Trituración

Fuente: Elaboración Propia

# CAPÍTULO VI

## RESULTADOS

### **3. RESULTADOS**

#### **1. Introducción**

En este capítulo se presentan las simulaciones que comprueban el correcto funcionamiento del sistema desarrollado. El diseño de las pantallas del HMI se desarrollaron y simularon en el portal Totally Integrated Automation (TIA PORTAL) con SIMATIC WinCC Basic V12. El diseño del sistema de control del funcionamiento automático de la Planta se simularon en el software SIMATIC STEP7, que es un simulador en lenguaje ladder del controlador S7-1500 de SIEMENS, el mismo que es propuesto para el presente trabajo.

#### **2. Simulación del Sistema de Control**

Se realiza la simulación del sistema de control que fue programado para que la Planta tenga un funcionamiento automático para el reproceso de galletas.

El portal Totally Integrated Automation (TIA PORTAL) con STEP 7 Professional V12 y conjuntamente con el programa S7-PLCSIM, permiten simular el funcionamiento de un autómatas programable S7-1500 incorporando una interfaz de usuario gráfica para visualizar y modificar las variables del programa de control, ejecutar el programa en un ciclo individual o continuo y cambiar el modo de operación del PLC simulado, sin necesidad establecer una conexión con un equipo de hardware S7.

Cuenta con una ventana de entradas y salidas mediante la cual se simulará el funcionamiento de los sensores, válvulas, motores, etc., que indican “True” o “False” según el estado actual en el que se encuentra la variable. Asimismo el simulador cuenta con marcas de programa que son empleados como auxiliares en la programación.

Se aclara que en el simulador los contactos normalmente abiertos o cerrados que están resaltados de verde indican que están conduciendo o activados, en caso contrario los que están resaltados de azul indican que no están conduciendo o están desactivados.

El programa inicia en el segmento 1 de programación al activar el contacto de “START”, se activa una marca interna del programa llamada: “AUX PRINC”, la cual tiene asignado un contacto normalmente abierto en cada segmento de programa cumpliendo la función de mantener activo dichos segmentos.

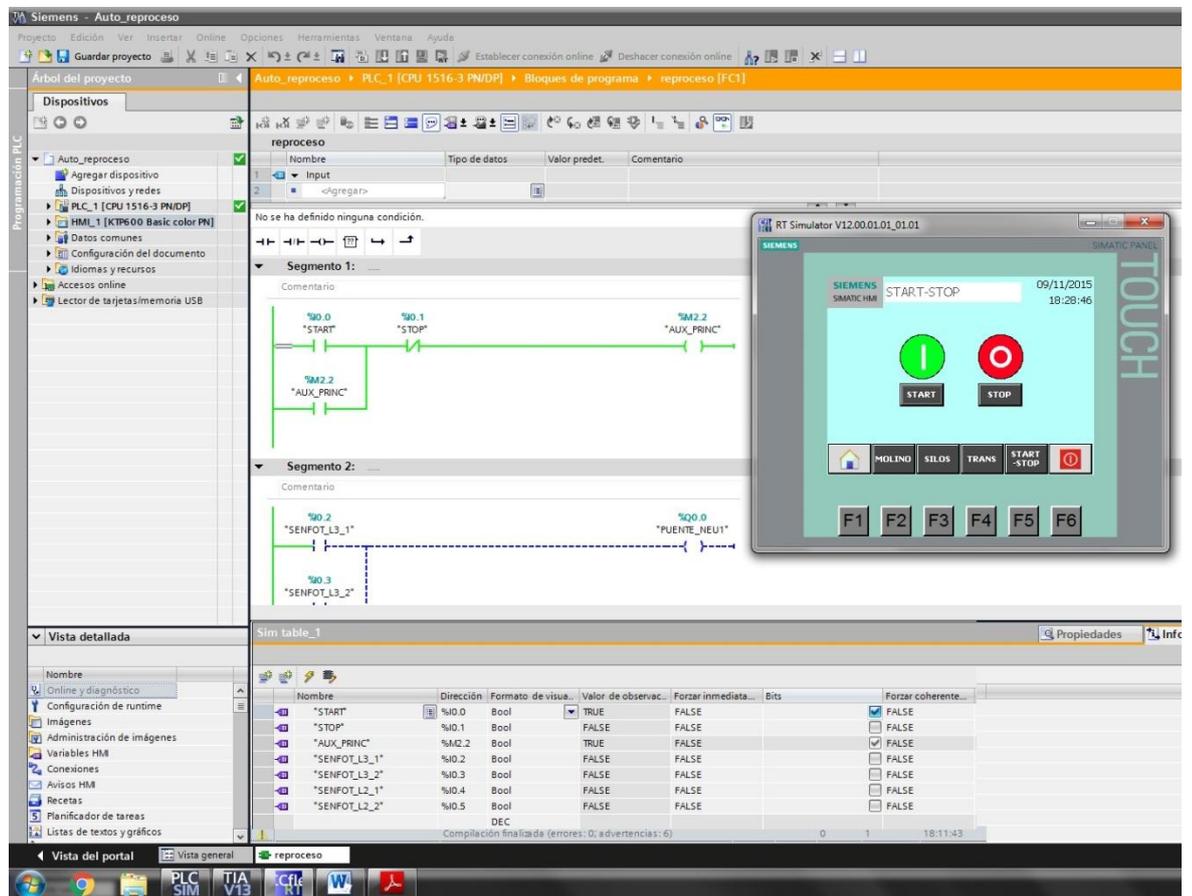


Figura N°6.1: Segmento 1 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 2 del programa vemos que al activarse el contacto “SENFOT L3 1”, que está vinculado a la entrada externa del PLC y que representa al sensor fotoeléctrico 1 de la línea 3, activa directamente una marca del PLC llamada: “PUENTE NEU 1” que representa al puente neumático de la Línea 3.

En el segmento 4 observamos que al activarse “SENFOT L3 1” activa una salida externa del PLC llamada: “MOTOR L3 A FG” que representa al motor de la faja transportadora que une al puente neumático de la línea 3 con la faja

general de reproceso. De manera simultánea se activa una salida externa del PLC llamada: “MOTOR HELI 1”, que representa al motor de la faja helicoidal sinfín de la Línea 3. En este segmento también observamos un contacto de marca del programa llamada: “AUX A” la cual está asociada a una marca interna del mismo nombre y que es activada en el segmento 7 del programa por la entrada “SENFOT L3 1”.

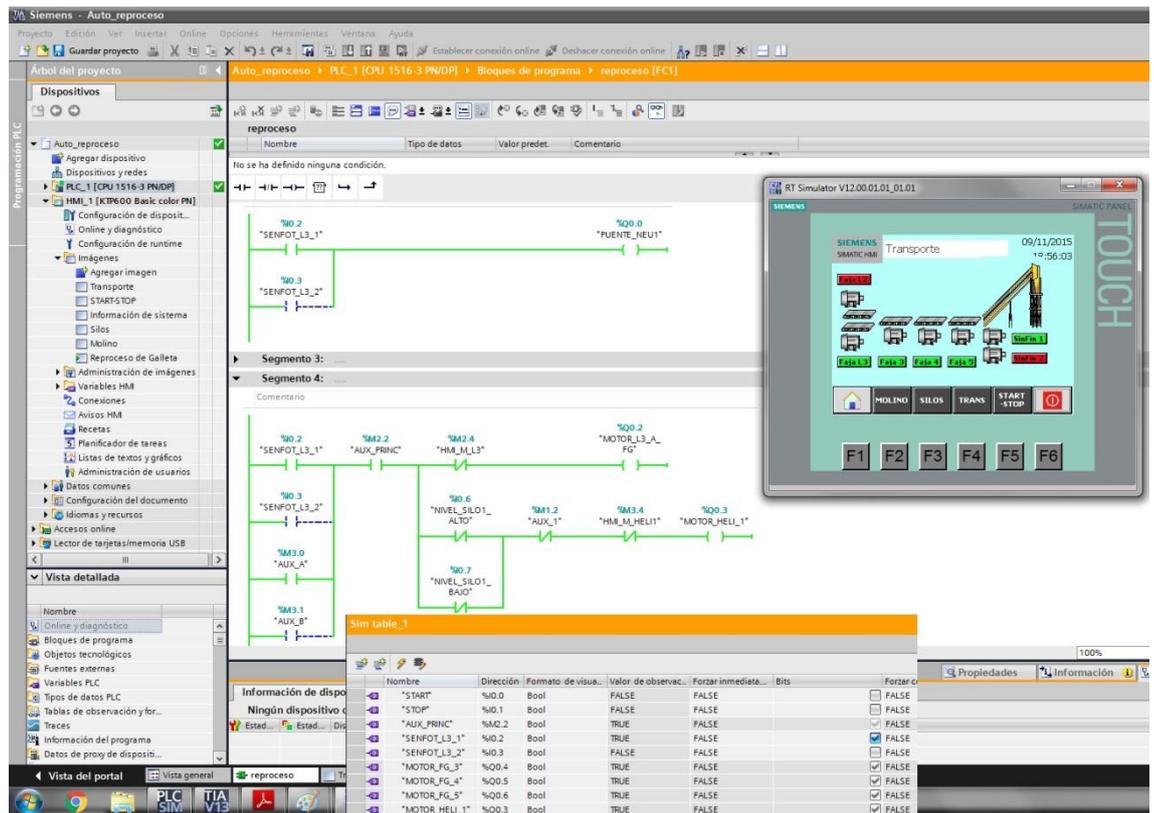


Figura N°6.2: Segmento 2 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 7 del programa observamos cómo después de ser desactivada la entrada externa “SENFOT L3 1” se mantiene activa la marca del programa “AUX A”, gracias al contacto auxiliar del mismo nombre. En el mismo segmento observamos un contacto normalmente cerrado llamado: “TEMPORIZADOR 1”, el cual se activara (se abrirá) posteriormente por el temporizador interno ubicado en el segmento 11, después de haber cumplido el tiempo configurado en el mismo, que este caso son 60 segundos.

En el segmento 11 del programa observamos un temporizador interno llamado: “TEMPORIZADOR 1”, el cual se activó gracias a dos eventos fundamentales: primero a que la entrada externa “SENFOT L3 1”, se encuentra desactivada y segundo que la marca “AUX A” se encuentra activada. Este temporizador se ha configurado para activar su salida “Q” y todos los contactos asociados a esta salida después de transcurrir 60 segundos. En otras palabras, la activación de este temporizador solo será posible después que la entrada “SENFOT L3 1”, haya sido activada y desactivada secuencialmente.

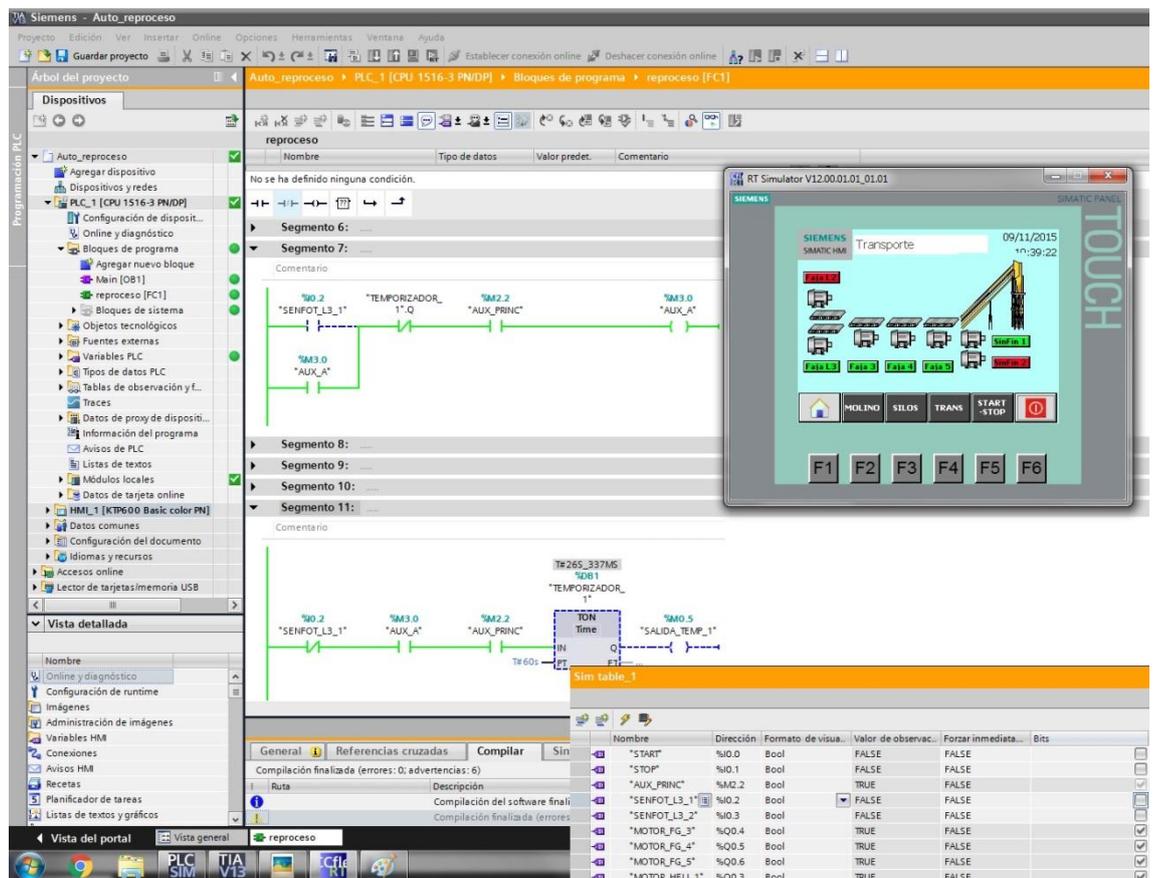


Figura N°6.3: Segmento 7 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 3 del programa vemos que al activarse el contacto “SENFOT L2 2” que está vinculado a la entrada externa del PLC y que representan al sensor fotoeléctrico 1 de la línea 2, activa directamente una marca del PLC llamada: “PUENTE NEU 2”, que representa al puente neumático de la línea 2.

En el segmento 6 observamos que al activarse “SENFOT L2 2” se activa una asignación de salida externa del PLC llamada: “MOTOR L2 A FG”, que representa al motor de la faja transportadora primaria de reproceso de la línea 3. De manera simultánea se activa una salida externa del PLC, “MOTOR HELI 2”, que une al puente neumático de la línea 2 con la faja general de reproceso. En este segmento también observamos un contacto de marca del programa llamada: “AUX D” la cual está asociada a una marca interna del mismo nombre y que es activada en el segmento 10 del programa por la entrada “SENFOT L2 2”.

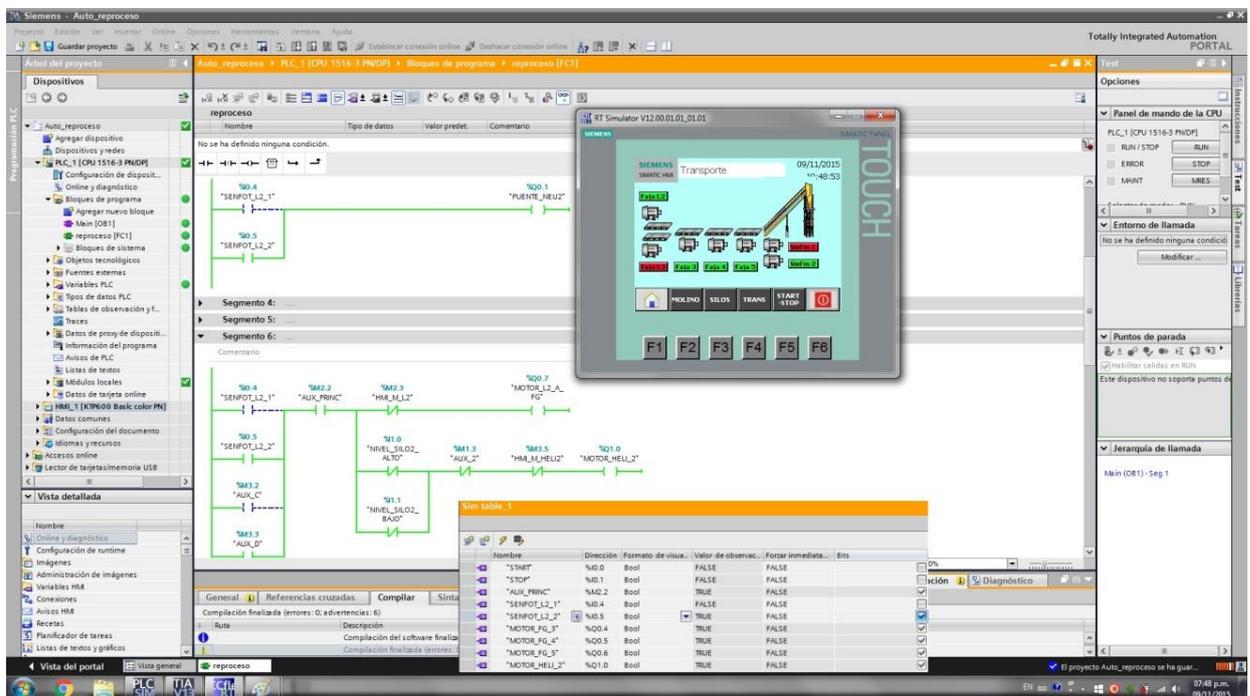


Figura N°6.4: Segmento 3 y 6 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 10 del programa observamos cómo después de ser desactivada la entrada externa “SENFOT L2 2” se mantiene activo la marca del programa “AUX D”, gracias al contacto auxiliar del mismo nombre. En el mismo segmento observamos un contacto cerrado llamado: “TEMPORIZADOR 4”, el cual se activara (se abrirá) posteriormente por el temporizador interno

ubicado en el segmento 14, después de haber cumplido el tiempo configurado en el mismo, que para este también caso son 60 segundos.

En el segmento 14 del programa observamos un temporizador interno llamado: “TEMPORIZADOR 4”, el cual se activó gracias a dos eventos fundamentales: primero que la entrada externa “SENFOT L2 2”, se encuentra desactivada y segundo que la marca “AUX D” se encuentra activada. En otras palabras, la activación de este temporizador solo será posible después que la entrada “SENFOT L2 2”, haya sido activada y desactivada secuencialmente.

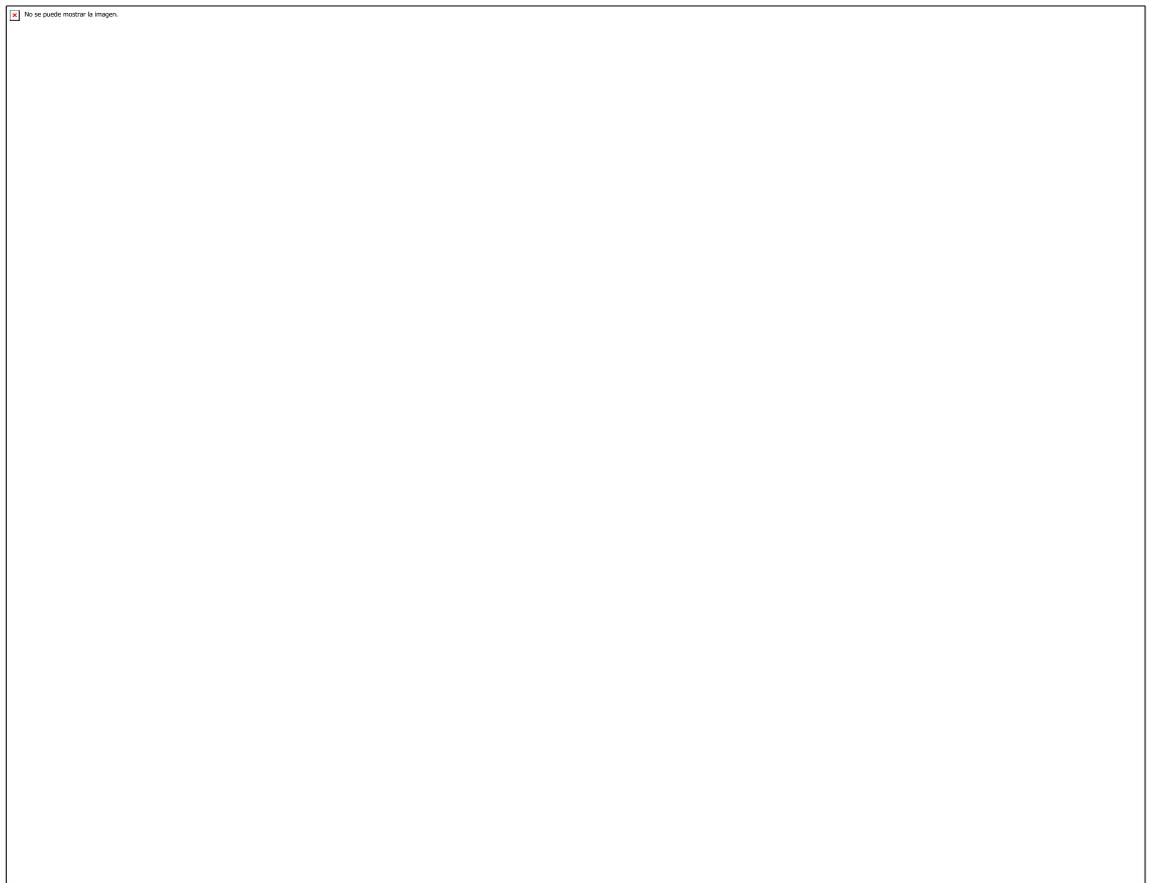


Figura N°6.5: Segmento 10 y 14 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 5 del programa observamos como las asignaciones de salida externas del PLC llamadas: “MOTOR FG 3”, “MOTOR FG 4” y “MOTOR FG 5”, que representan los motores de la faja general de reproceso, son activados por el contacto de entrada externa “SENFOT L2 2”. En este segmento también observamos un contacto de marca interna del programa “AUX D” que ha sido activado por la misma entrada externa “SENFOT L2 2”, en el segmento 10. El objetivo del contacto “AUX D”, es mantener activo las asignaciones de salida de los motores de la faja general de reproceso, a pesar de que la entrada externa “SENFOT L2 2”, pueda desactivarse.

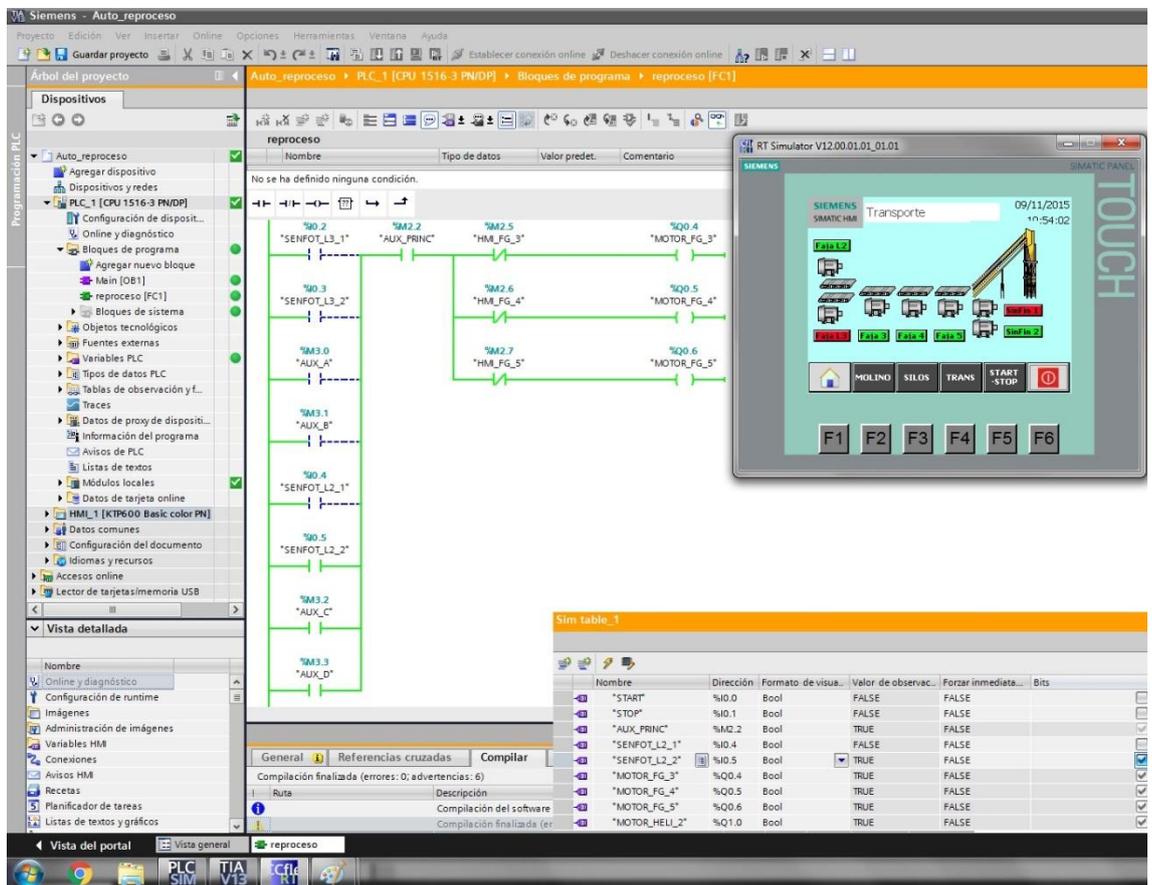


Figura N°6.6: Segmento 5 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 15 del programa observamos como la asignación de salida “VALVULA 1”, que representa a la válvula de salida de galleta del primer silo de reproceso de la línea 3, y la marca interna de programa “AUX 1” son activadas automáticamente por la activación secuencial de los contactos de las entradas externas del PLC: “NIVEL SILO1 BAJO” y “NIVEL SILO1 BAJO”, que representan al sensor de nivel alto y al sensor de nivel bajo, respectivamente del primer silo de reproceso de la línea 3. El objetivo del contacto “AUX 1”, es mantener activo válvula de salida del silo, aun después de desactivarse el contacto del sensor de nivel alto del silo.

Nombre	Dirección	Formato de visualiz...	Valor de observac...	Forzar inmediata...	Bits
*START	%I0.0	Bool	FALSE	FALSE	<input type="checkbox"/>
*STOP	%I0.1	Bool	FALSE	FALSE	<input type="checkbox"/>
*AUX_PRINC	%M2.2	Bool	TRUE	FALSE	<input type="checkbox"/>
*NIVEL_SILO1_ALTO	%I0.6	Bool	TRUE	FALSE	<input type="checkbox"/>
*NIVEL_SILO1_B...	%I0.7	Bool	TRUE	FALSE	<input type="checkbox"/>
*VALVULA_1	%Q1.1	Bool	TRUE	FALSE	<input type="checkbox"/>
*AUX_1	%M1.2	Bool	TRUE	FALSE	<input type="checkbox"/>

Figura N°6.7: Segmento 15 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 17 del programa observamos como la asignación de salida “VALVULA 2”, que representa a la válvula de salida de galleta del segundo silo de reproceso de la línea 3, y la marca interna de programa “AUX 3” son activadas automáticamente por la activación secuencial de los contactos de las entradas externas del PLC: “NIVEL SILO2 ALTO” y “NIVEL SILO2 BAJO”, que representan al sensor de nivel alto y al sensor de nivel bajo respectivamente, del segundo silo de reproceso de la línea 3. El objetivo del contacto “AUX 3”, es mantener activo válvula de salida del silo, aun después de desactivarse el contacto del sensor de nivel alto del silo. En el mismo segmento observamos también un contacto normalmente cerrado “AUX 6” asociado a una marca interna de programa ubicado en el segmento 11, el cual tiene como objetivo, impedir el paso de la galleta del silo 2 hacia el molino, si este ya se encuentra trabajando con la galleta perteneciente a la línea 2.

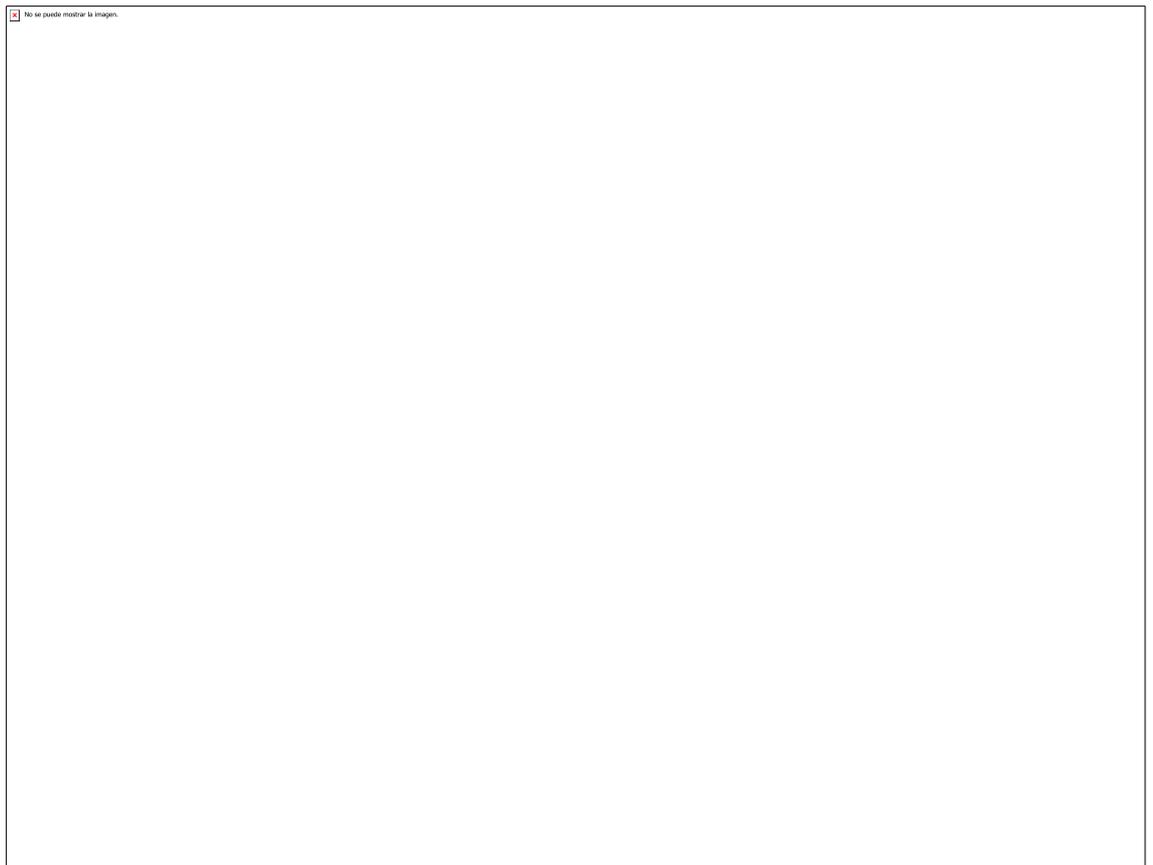


Figura N°6.8: Segmento 17 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 16 del programa observamos como la asignación de salida “VALVULA 3”, que representa a la válvula de salida de galleta del primer silo de reproceso de la línea 2, y la marca interna de programa “AUX 2” son activadas automáticamente por la activación secuencial de los contactos de las entradas externas del PLC: “NIVEL SILO3 BAJO” y “NIVEL SILO3 ALTO”, que representan al sensor de nivel alto y al sensor de nivel bajo, respectivamente del primer silo de reproceso de la línea 2. El objetivo del contacto “AUX 2”, es mantener activo válvula de salida del silo, aun después de desactivarse el contacto del sensor de nivel alto del silo.

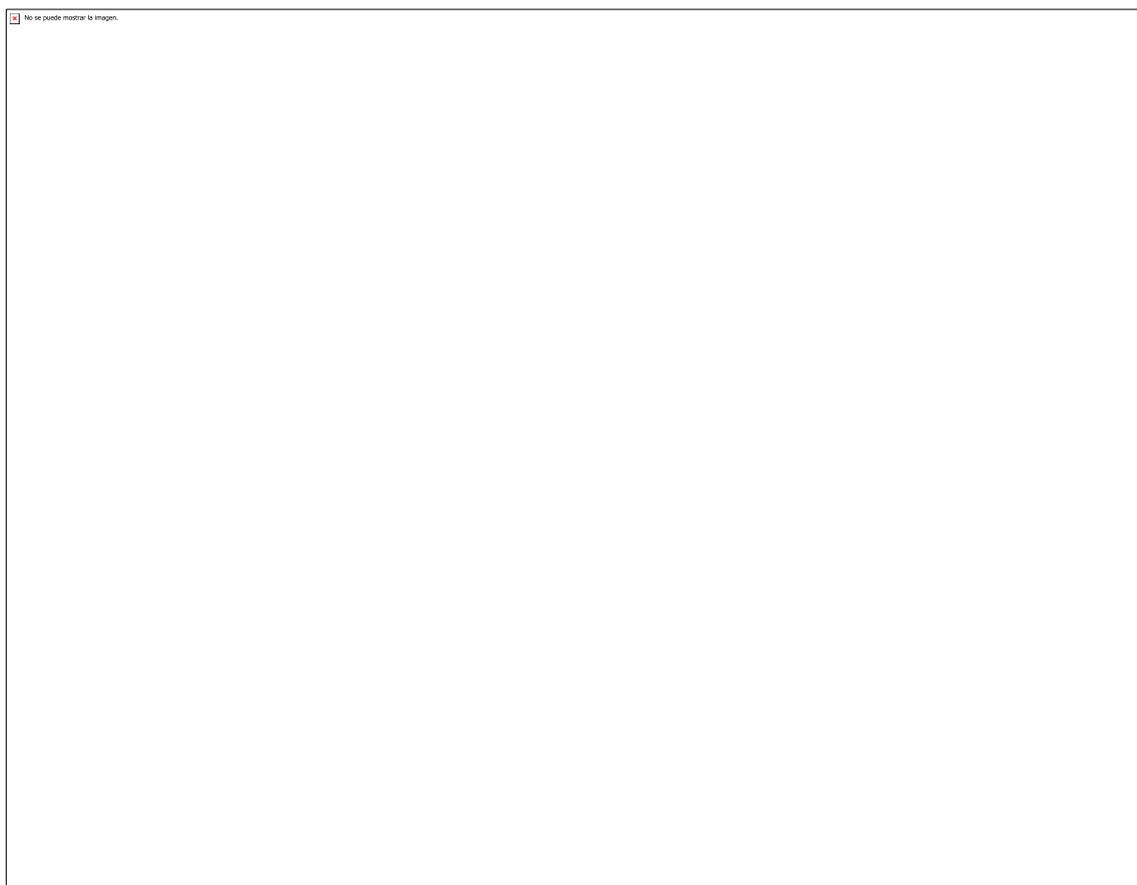


Figura N°6.9: Segmento 16 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 18 del programa observamos como la asignación de salida “VALVULA 4”, que representa a la válvula de salida de galleta del segundo silo de reproceso de la línea 2, y la marca interna de programa “AUX 4” son activadas automáticamente por la activación secuencial de los contactos de las entradas externas del PLC: “NIVEL SILO4 BAJO” y “NIVEL SILO4 ALTO”, que representan al sensor de nivel alto y al sensor de nivel bajo, respectivamente del segundo silo de reproceso de la línea 2. El objetivo del contacto “AUX 4”, es mantener activo válvula de salida del silo, aun después de desactivarse el contacto del sensor de nivel alto del silo. . En el mismo segmento observamos también un contacto normalmente cerrado “AUX 6” asociado a una marca interna de programa ubicado en el segmento 20, el cual tiene como objetivo, impedir el paso de la galleta del silo 4 hacia el molino, si este ya se encuentra trabajando con la galleta perteneciente a la línea 3.

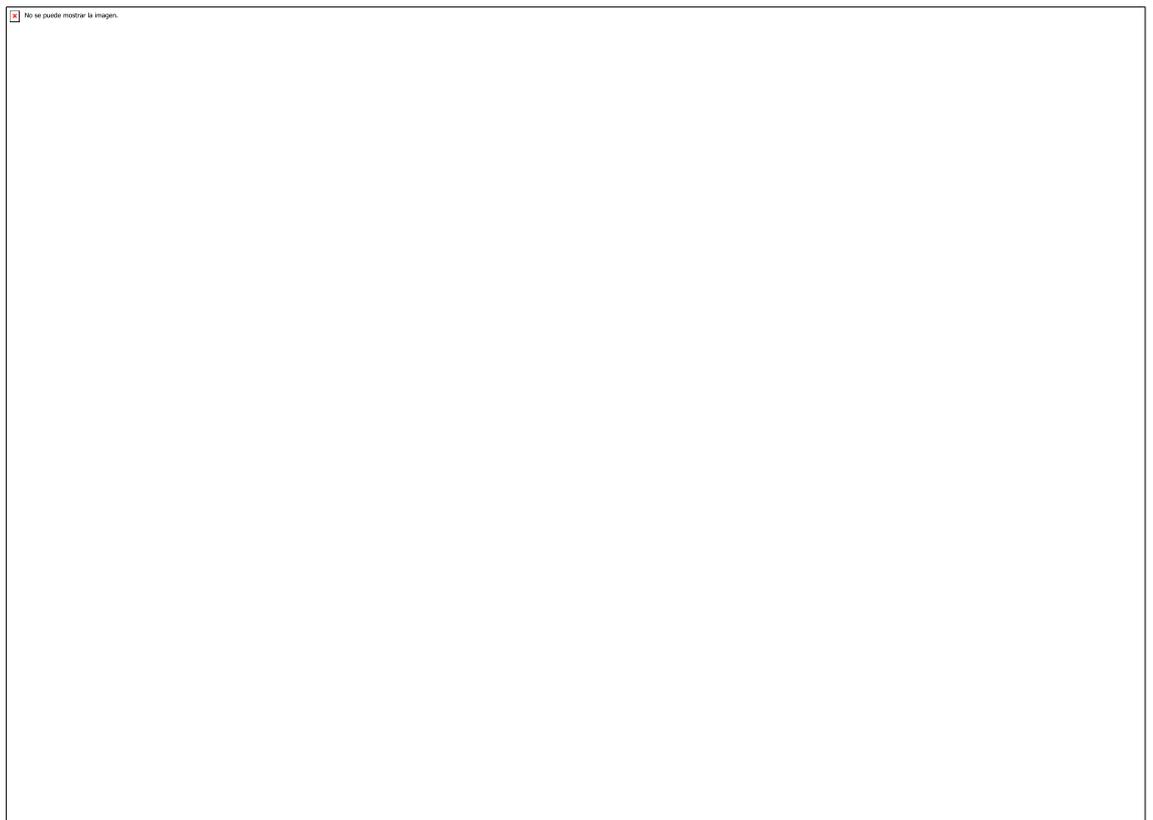


Figura N°6.10: Segmento 18 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 17 del programa observamos como a pesar de que los contactos de las entradas externas del PLC: “NIVEL SILO2 BAJO” y “NIVEL SILO2 ALTO”, que representan los sensores de nivel bajo y alto respectivamente del segundo silo de la línea 3, se encuentran activadas, la asignación de salida externa del PLC llamada: “VALVULA 2” y la marca interna de programa “AUX 3” no logran activarse; y esto se debe a que el contacto normalmente cerrado “AUX 6”, se encuentra activado, es decir abierto, lo que significa que la marca interna de programa asociada a este contacto, ubicada en el segmento 20, ha sido activada debido a que el molino se encuentra ocupado (activo).

En el segmento 20 de programa observamos que la marca interna de programa “AUX 6” ha sido activada debido a que el segundo silo de la línea 2 llego a su máxima capacidad y ha empezado a vaciar su contenido, es por ello que observamos al contacto “NIVEL SILO4 ALTO”, desactivado, además también observamos que es gracias al contacto “NIVEL SILO4 BAJO”, que la marca interna “AUX 6”, continua activada, y aun cuando este último contacto llegara a desactivarse, la marca interna seguirá activada gracias al contacto “NIVEL MOLINO BAJO”.

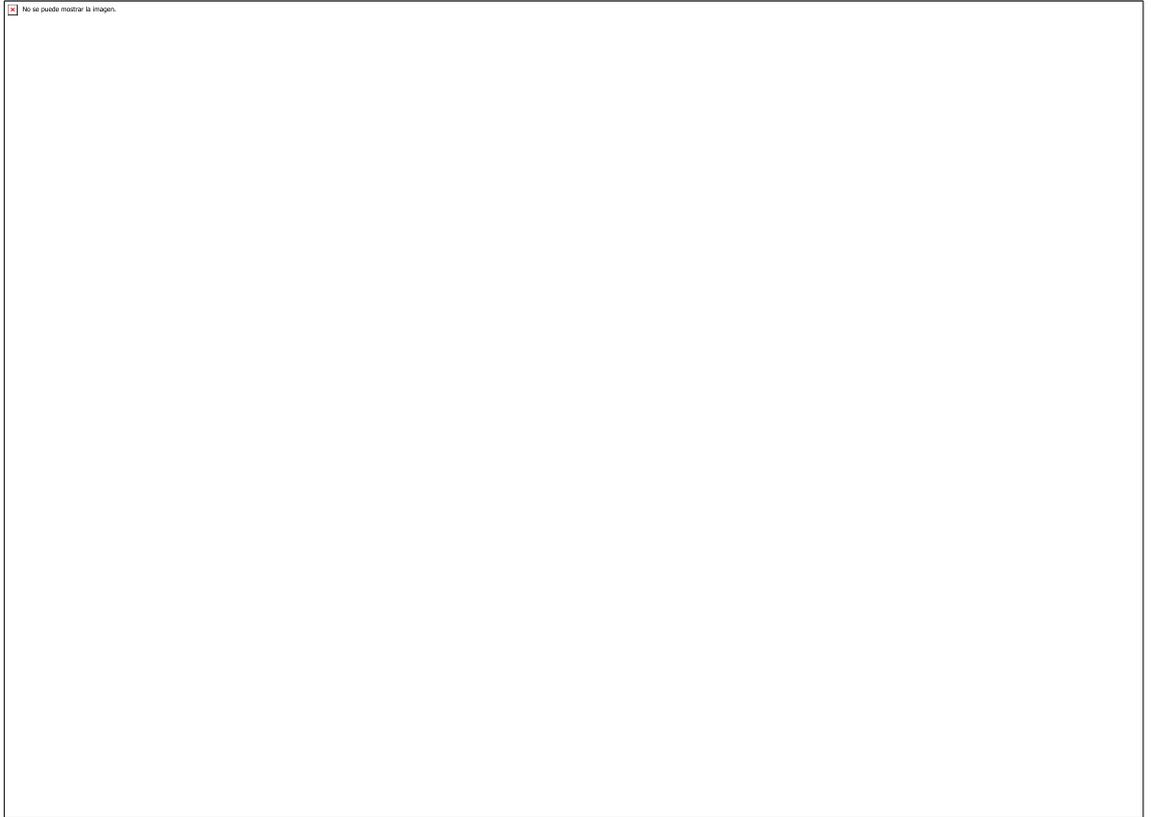


Figura N°6.11: Segmento 17 y 20 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 18 del programa observamos como a pesar de que los contactos de las entradas externas del PLC: “NIVEL SILO4 BAJO” y “NIVEL SILO4 ALTO”, que representan los sensores de nivel bajo y alto respectivamente del segundo silo de la línea 2, se encuentran activadas, la asignación de salida externa del PLC, “VALVULA 4” y la marca interna de programa “AUX 4” no logran activarse; y esto se debe a que el contacto normalmente cerrado “AUX 6”, se encuentra activado, es decir abierto, lo que quiere decir que la marca interna de programa asociada a este contacto, ubicada

en el segmento 19, ha sido activada debido a que el molino se encuentra ocupado (activo).

En el segmento 19 de programa observamos que la marca interna de programa “AUX 6” ha sido activada debido a que el segundo silo de la línea 3 llego a su máxima capacidad y ha empezado a vaciar su contenido, es por ello que observamos al contacto “NIVEL SILO2 ALTO”, desactivado, además también observamos que es gracias al contacto “NIVEL SILO2 BAJO”, que la marca interna “AUX 5”, continua activada, y aun cuando este último contacto llegara a desactivarse, la marca interna seguirá activada gracias al contacto “NIVEL MOLINO BAJO”.

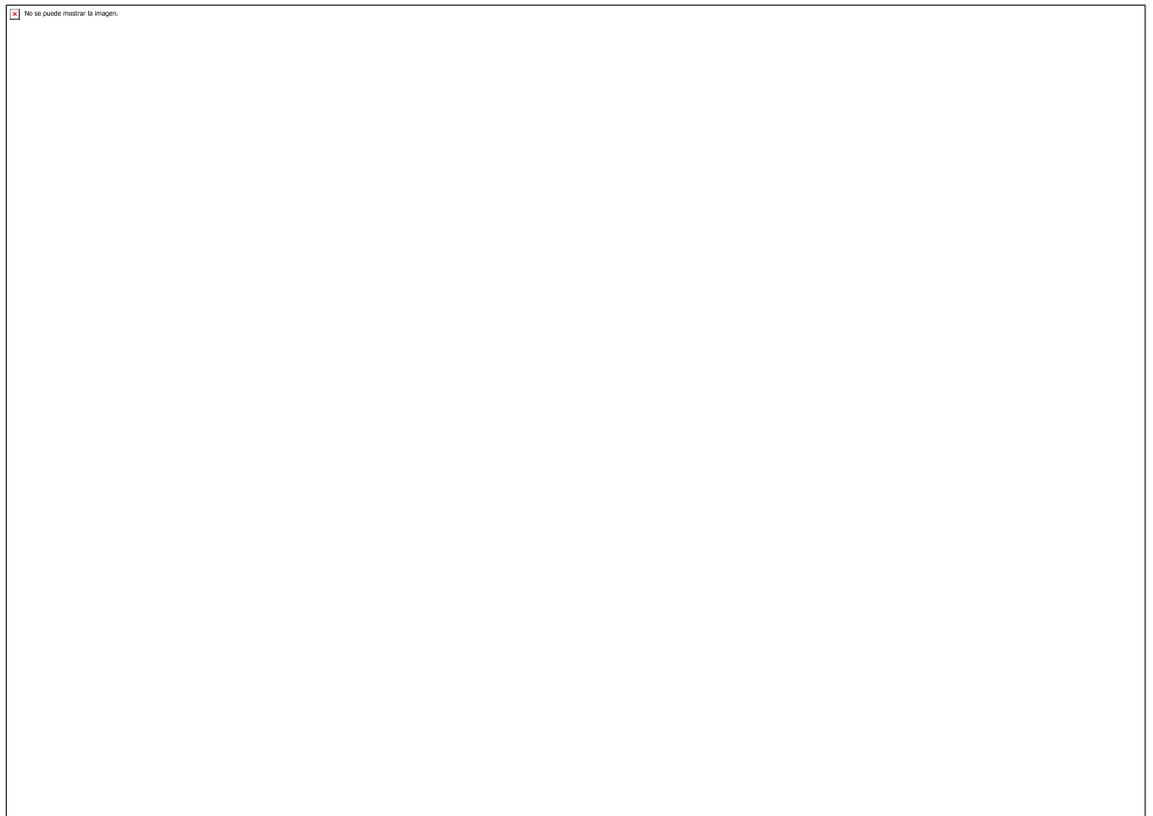


Figura N°6.12: Segmento 18 y 19 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 21 de programa observamos que el temporizador interno “TEMPORIZADOR 5”, se encuentra activado, gracias a la activación del

contacto de entrada externa del PLC llamado: “NIVEL MOLINO ALTO”, que representa al sensor de nivel alto del molino. De manera simultánea observamos que la activación de este contacto de entrada externa, activa a la asignación de salida al motor del molino, a través del contacto normalmente cerrado llamado “TEMPORIZADOR 5”, quien será activado (se abrirá), transcurrido 60 segundos, tiempo para el cual ha sido configurado el temporizador y que hace referencia al tiempo necesario para el molido total de la galleta.

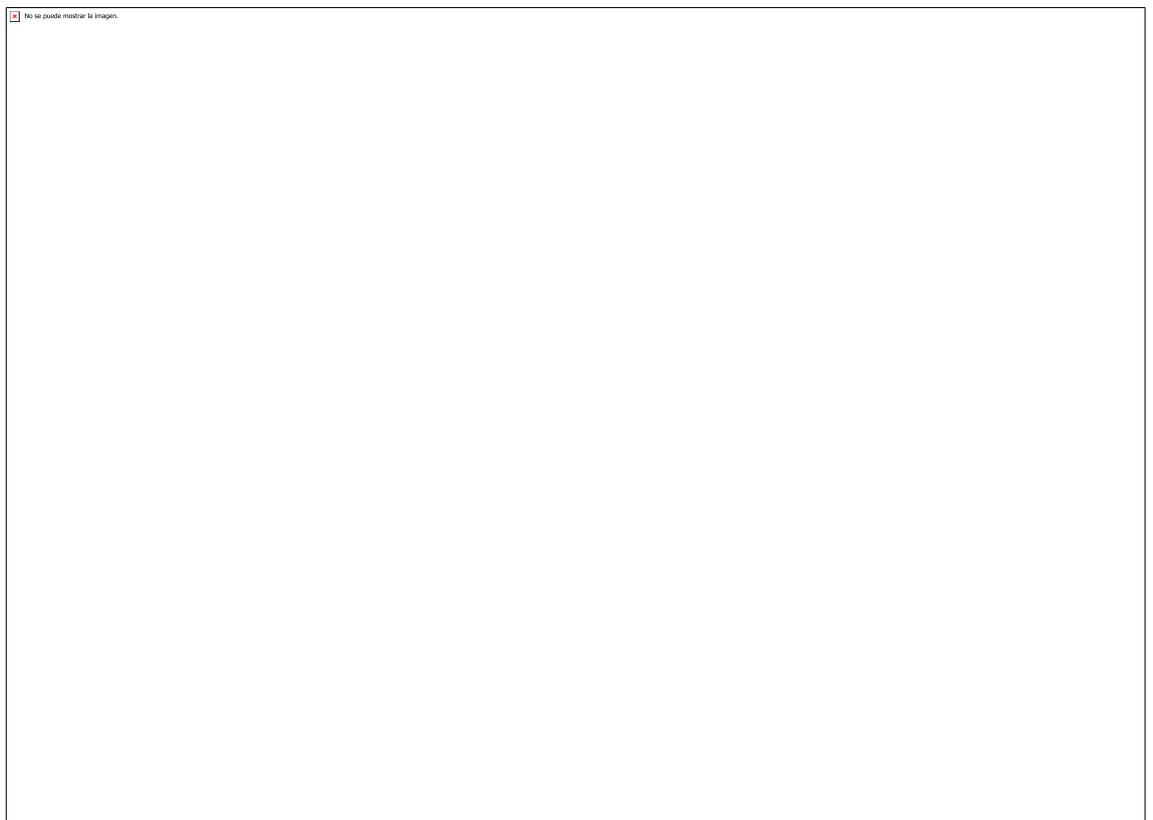


Figura N°6.13: Segmento 21 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 21 de programa observamos cómo después de haber transcurrido los 60 segundos, el temporizador activa el contacto normalmente cerrado “TEMPORIZADOR 5”, el cual desactiva la asignación de salida

“MOTOR MOLINO”, lo que quiere decir que el motor del molino ha sido desactivado.

De manera simultánea observamos que en el segmento 22 del programa el contacto normalmente abierto “TEMPORIZADOR 5”, ha sido activado, por lo que origina la activación de la asignación de salida llamada: “ALARMA”, el cual representa a la alarma del sistema de reproceso, lo que indica que el molino está listo para ser vaciado.

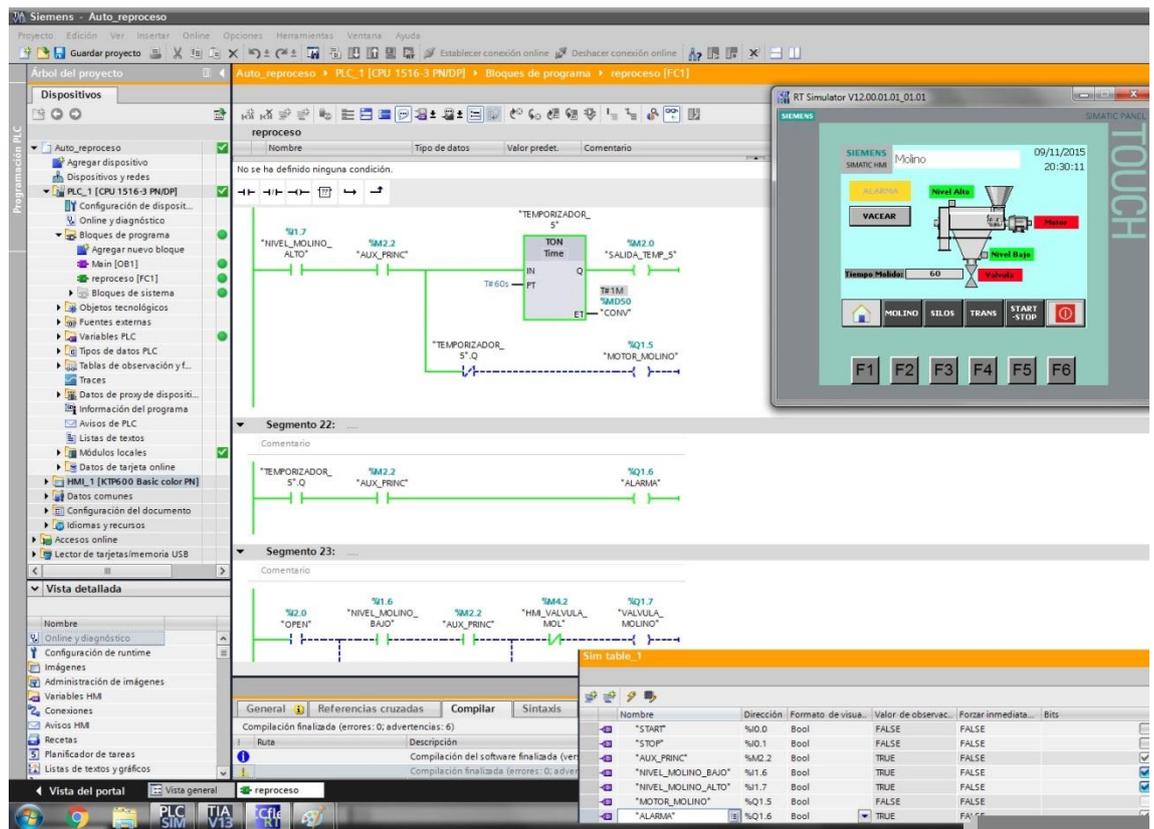


Figura N°6.14: Segmento 21,22 y 23 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

En el segmento 23 de programa observamos como de forma manual el contacto de la entrada externa del PLC “OPEN”, fue activada por un operador, lo que provoco la activación tanto de la asignación de salida externa del PLC llamada: “VALVULA MOLINO”, el cual representa a la válvula de salida del molino, como de la marca interna de programa “AUX 7”. La activación de esta válvula

permite la salida de toda la galleta molida del interior del molino hacia un recipiente externo o tina, lista para ser reprocesada.

En el segmento 21 observamos que al ser activado el contacto de la entrada externa “OPEN” (segmento 23) el molino empieza a ser vaciado, por lo que el contacto “NIVEL MOLINO ALTO”, es desactivado inmediatamente, lo que genera que el temporizador se desactive y que su contacto asociado desactive la alarma (segmento 22).

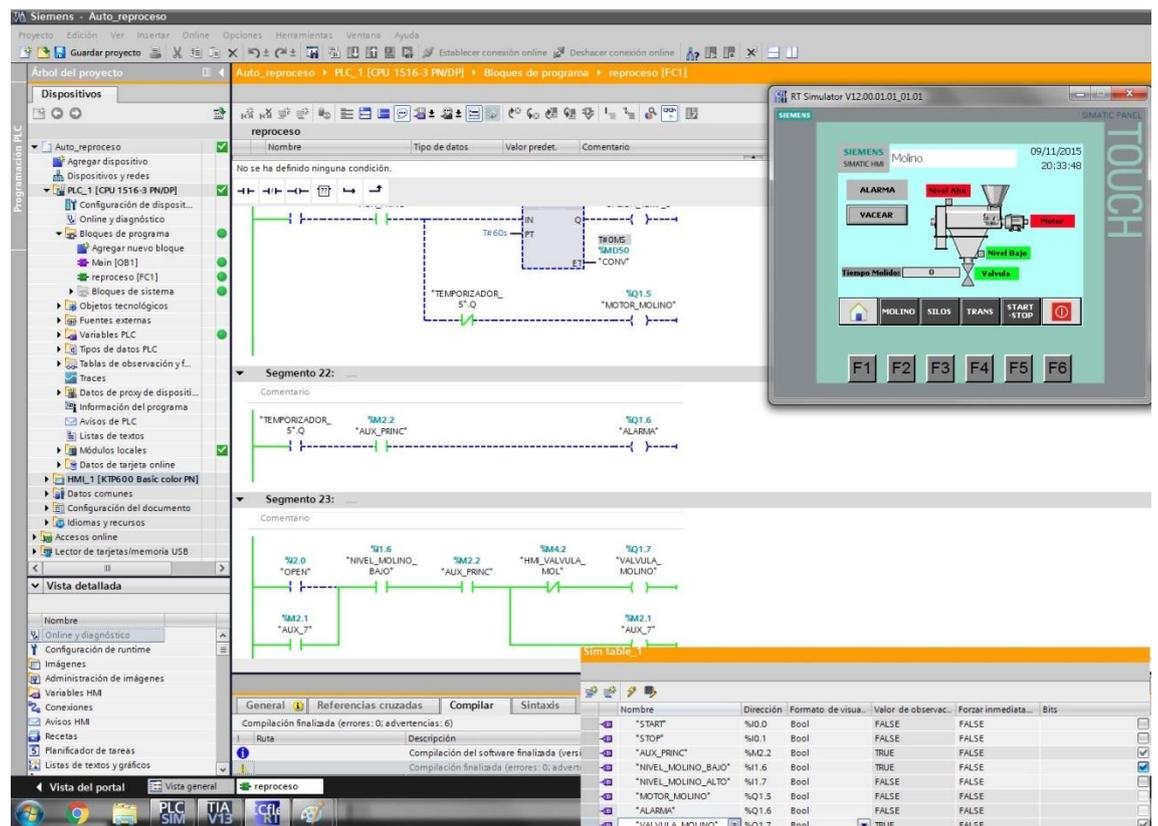


Figura N°6.15: Segmento 21 y 23 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente en el segmento 23, observamos que una vez vertido el contenido del molino, el contacto “NIVEL MOLINO BAJO”, es desactivado, lo que genera la desactivación tanto de la asignación de salida “VALVULA MOLINO”, como la desactivación de la marca interna “AUX 7”.

El proceso se mantiene activo y esperando la activación de alguno de los sensores fotoeléctricos de las líneas de reproceso (Línea 2 y 3) por parte de la galleta, lo que dará inicio a toda la secuencia descrita.

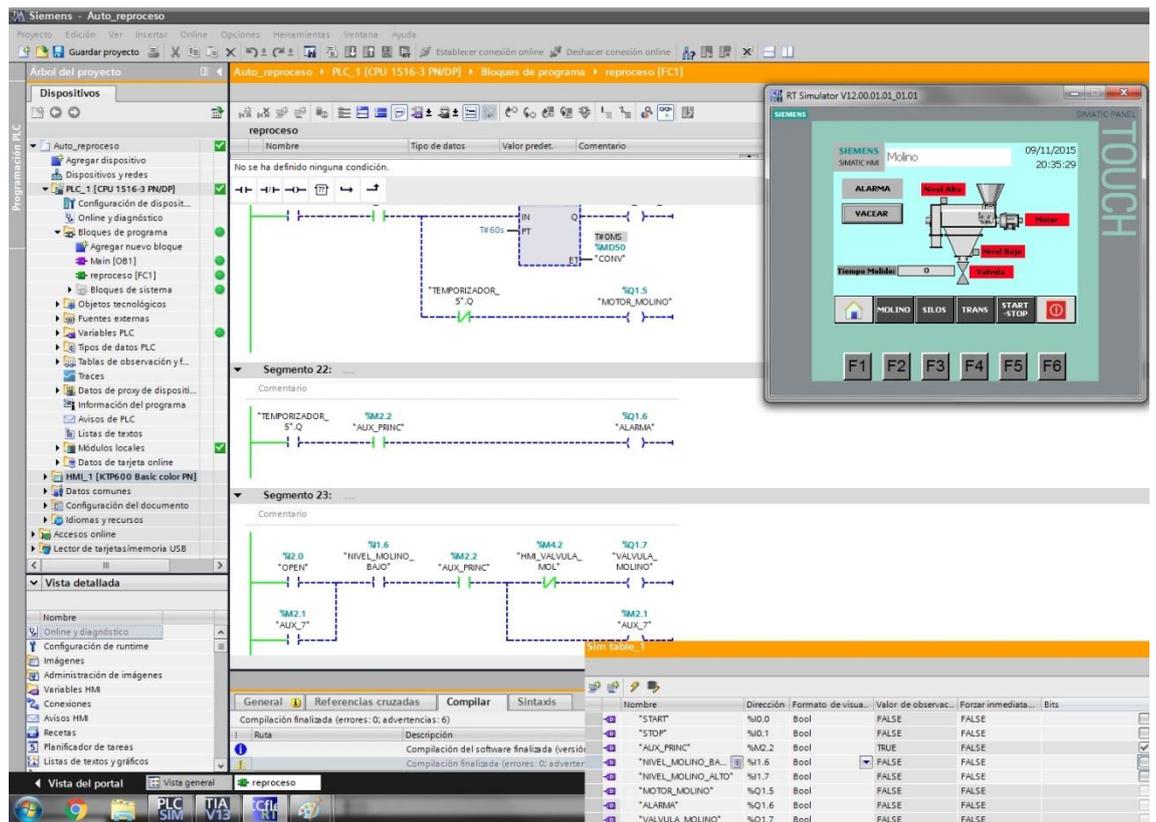


Figura N°6.16: Segmento 23 de Programación en Lenguaje Ladder

Fuente: Elaboración Propia

### 3. Simulación de la Interfaz de Usuario (HMI)

#### 1. Pantalla Principal:

En esta pantalla se muestran los procesos de la Planta: Transporte, Silos, Molido, así como el sistema de START-STOP, a los cuales se puede acceder presionando los botones Molino, Silos, Trans, Start-Stop respectivamente. Así mismo se muestra la hora y fecha actual. Por fines de rápida accesibilidad se configuraron la aparición de estos botones en todas las pantallas diseñadas.



Figura N°6.17: Simulación de la Pantalla Principal

Fuente: Elaboración Propia

## 2. Pantalla del Área de Transporte

En esta pantalla se muestra el estado del área de transporte, la cual está constituida por las fajas transportadoras y los transportadores sinfines helicoidales.

Para cada uno de los motores, correspondientes a cada una de las fajas y sinfines, se presenta un botón de tipo “Multistate“ el cual indicará el estado actual de cada motor (encendido o apagado) representado con los colores verde o rojo respectivamente, información que será dada por el programa ladder. El estado por defecto que se indica de los motores es “apagado”, pero cuando se encuentran en funcionamiento su estado cambia a “encendido”. Asimismo estos botones están diseñados para forzar el apagado de los motores, para fines de paradas de emergencia o mantenimiento.

Al pulsar cada botón, se apagará automáticamente el motor correspondiente al botón pulsado, lo cual se realiza mediante contactos auxiliares del programa ladder, acto seguido generará la aparición de un sub-botón llamado “ON”, el cual al ser pulsado permitirá el retorno al estado actual del motor.

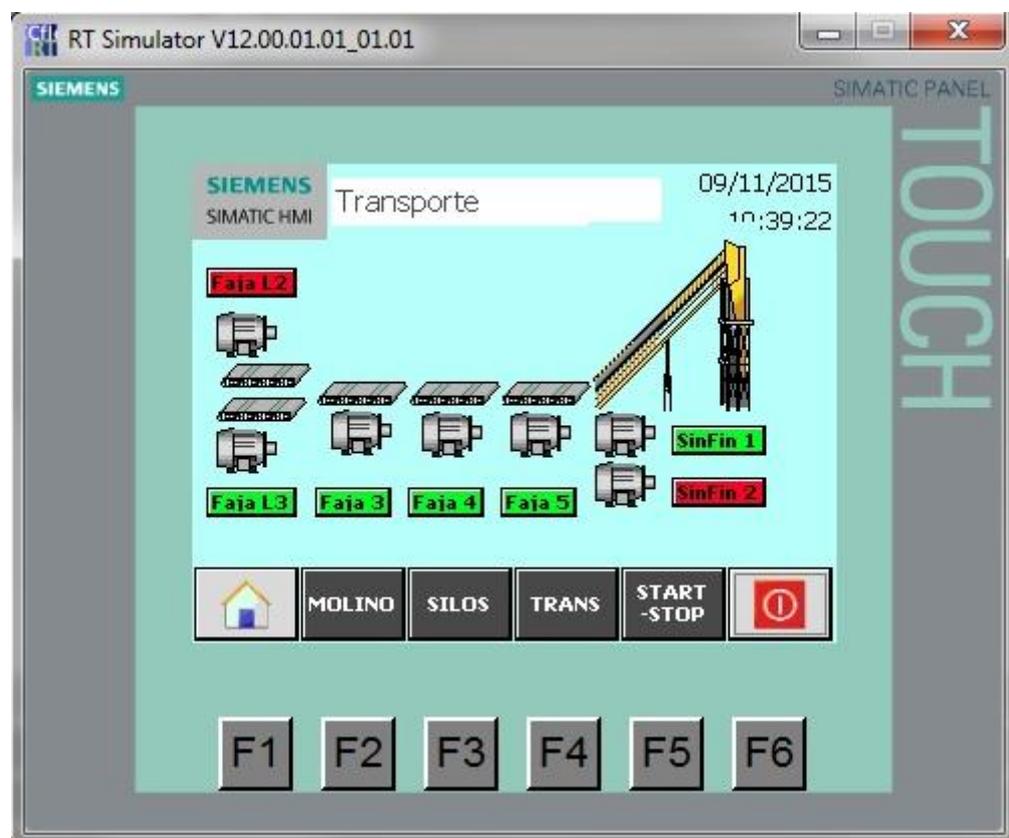


Figura N°6.18: Simulación de la Pantalla del Área de Transporte

### **3. Pantalla del Área de Silos**

En esta pantalla se muestra el estado del área de silos, la cual está constituida por los silos destinados para el pesado y almacenamiento de la galleta de reproceso y sus respectivas válvulas.

Para cada uno de las válvulas, correspondientes a cada uno de los silos, se presenta un botón de tipo “Multistate“ el cual indicará el estado actual de cada válvula (encendido o apagado) representado con los colores verde o rojo respectivamente, información que será dada por el programa ladder.

El estado por defecto que se indica de las válvulas es “cerrada o apagada”, pero cuando se encuentran en funcionamiento su estado cambia a “abierta o encendida”. Asimismo estos botones están diseñados para forzar el apagado de las válvulas, para fines de paradas de emergencia o mantenimiento. Al pulsar cada botón, se apagará automáticamente la válvula correspondiente al botón pulsado, lo cual se realiza mediante contactos auxiliares del programa ladder, acto seguido generará la aparición de un sub-botón llamado “ON”, el cual al ser pulsado permitirá el retorno al estado actual de la válvula.

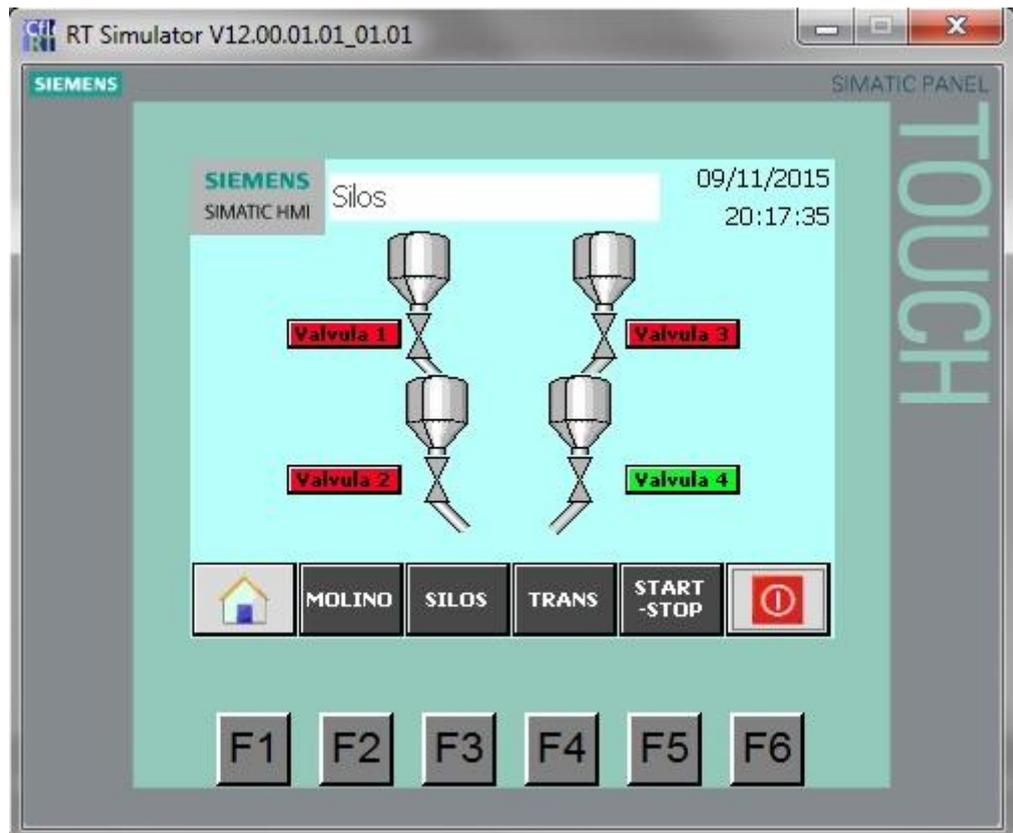


Figura N°6.19: Simulación de la Pantalla del Área de Silos

Fuente: Elaboración Propia

#### 4. Pantalla del Área de Molido

En esta pantalla se muestra el estado del área de molido, la cual está constituida por el molino y sus respectivos sensores de nivel de alto y bajo, válvula de salida del molino, motor del molino, la alarma de fin de molido y el botón de vaciar.

Para los niveles de alto y bajo, el motor del molino y la válvula de salida del molino, se presenta un objeto de tipo “Multistate“ el cual indicará el estado actual de cada elemento (encendido o apagado) representado con los colores verde o rojo respectivamente, información que será dada por el programa ladder. El estado por defecto que se indica de estos elementos es “apagado”, pero cuando se encuentran en funcionamiento su estado cambia a “encendido”. Para el caso particular de la alarma, se presenta un objeto el cual al activarse la alarma en el programa ladder, empezara a

parpadear, indicando al operador que la galleta se encuentra molida y que es momento de pulsar el botón de “vaciar”.

Al pulsar el botón de “vaciar”, el objeto de alarma dejara de parpadear y a su vez accionara la apertura de la válvula de salida del molino, la cual se desactivara automáticamente cuando no exista más galleta dentro del molino.

También se incluyó el campo de entrada y salida llamado “Tiempo Molido”, con el fin de mostrar el tiempo transcurrido desde el inicio del molido, cuya información es brindada por el programa ladder y que por fines prácticos fue configurada en una cuenta de 60 segundos.

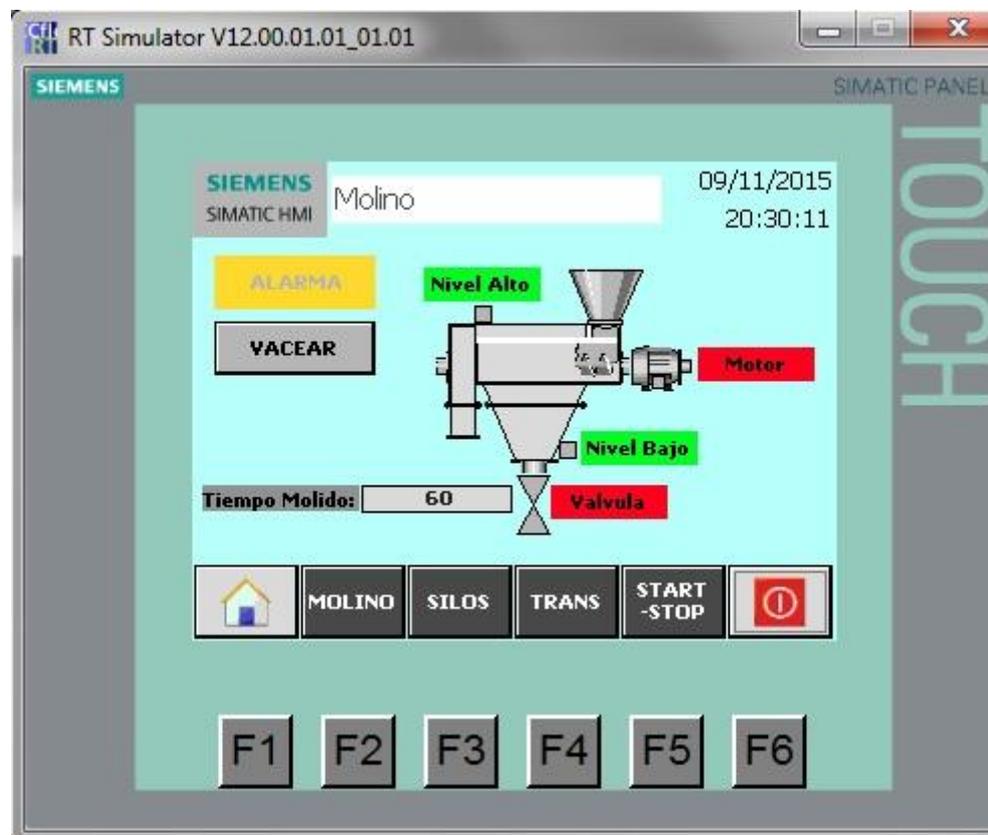


Figura N°6.20: Simulación de la Pantalla del Área de Molido

Fuente: Elaboración Propia

## 5. Pantalla del Sistema de START-STOP

En esta pantalla se muestra el sistema de START-STOP, la cual está constituida por los botones de START y STOP.

Al pulsar el botón de “START”, emitirá una señal al PLC para que este encienda el sistema. Por otro lado el botón de “STOP”, emitirá una señal al PLC para que detenga todo el sistema por fines de emergencia o mantenimiento total de la planta.

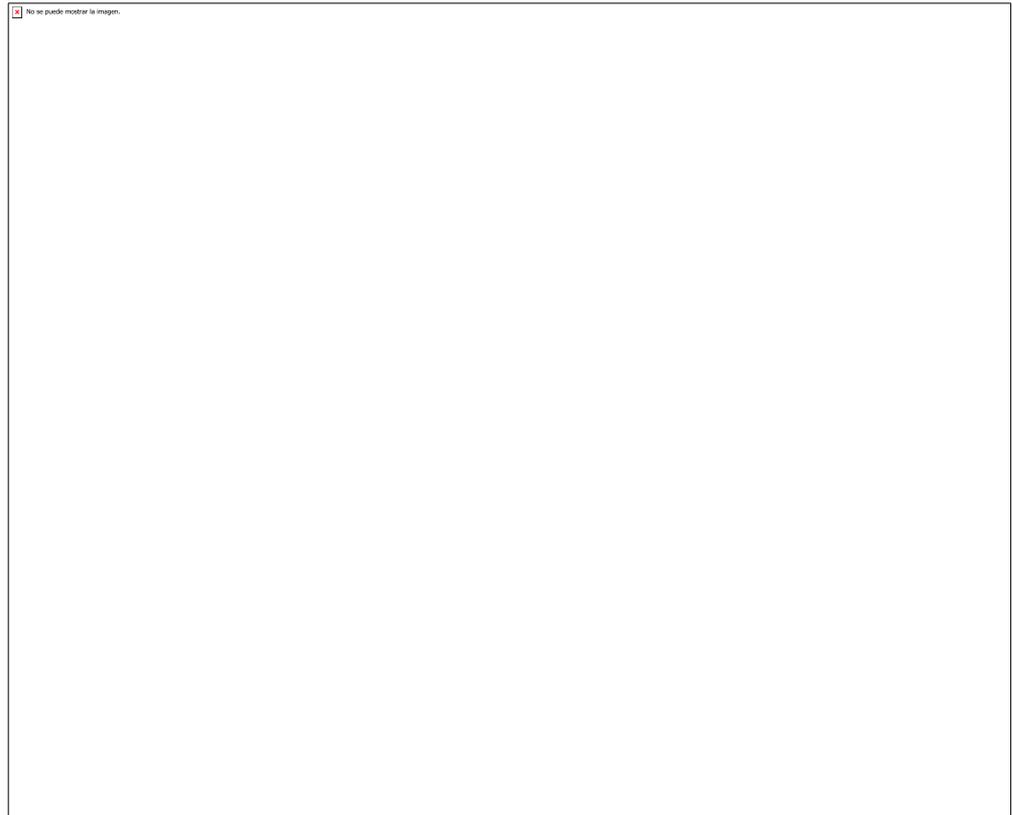


Figura N°6.21: Simulación de la Pantalla del Sistema START-STOP

Fuente: Elaboración Propia

La propuesta económica para los costos requeridos del sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3, en la Galletera del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad, es el siguiente:

En esta propuesta económica se considera el desarrollo de lo siguiente:

1. Suministro de equipos y accesorios de acuerdo a los requerimientos.  
En los casos que se determinen deberán tener certificados de seguridad industrial, garantía y pruebas FAT.
2. Instalación y configuración de accesorios y equipos.
3. Instalación y programación de los sistemas informáticos HMI, del proceso.

Así mismo como el comisionamiento y arranque de acuerdo a los parámetros expuesto en la ingeniería de detalle que aseguren el funcionamiento del sistema.

4. Capacitación general dirigida a los operadores y personal involucrado en el manejo de dicho sistema para su correcta manipulación y uso.

A continuación se presenta las Tablas N° 42, 4.3 y 4.4 en las cuales se detalla la lista de equipos e instrumentos a proveer y la mano de obra:

*Tabla N°6.1. Lista de equipos a utilizar.*

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
SIEMENS POINTEK CLS300 Interruptor de Nivel Capacitivo	10	\$500.00	\$5,000.00
Electroválvula de distribución 5/2 a 24Vdc	5	\$137.93	\$689.64
Válvula de cuchilla neumática de 6" acero inox DN150	5	\$280.00	\$1,400.00
Actuador Neumático para válvula, Max Pressure: 10 bar	5	\$36.00	\$180.00
FR C/MANOM. QB1 DE 1/4P 40μ, 0 - 10 BAR C/DREN AUTO Micro	5	\$184.00	\$920.00
Contactador AC-3-9A	5	\$17.54	\$87.72
Contactador AC-3-32A	3	\$23.58	\$70.74
Interruptor termomagnético S63 C32	4	\$27.99	\$111.95
Interruptor termomagnético S63 C04	3	\$23.58	\$70.74
Relé térmico TA 25 DU-A9	4	\$20.24	\$80.95
Relé térmico TA 42 DU-A40	3	\$26.30	\$78.91
Procesador SIMATIC S7-1500, CPU 1516-3 PN/DP	1	\$4,908.28	\$4,908.28
Módulo de entrada digital ED 16 X DC24V	2	\$181.83	\$363.66
Módulo de salida digital SD 16 X DC24V / 0,5A	1	\$241.59	\$241.59
Módulo de salida digital SD 8 X AC230V / 5A relés	1	\$378.99	\$378.99
Fuente de Alimentación de Carga PM 70W 120/230 V AC	1	\$81.80	\$81.80

SIMATIC KTP600 BASIC COLOR DP DISPLAY 5,7"	1	\$1,051.78	\$1,051.78
Silo de distribución capacidad 300 a 600 kg.	4	\$694.25	\$2,776.99
Transportador Helicoidal Con Tolva Y Motor Contra Atasco	2	\$4,060.00	\$8,120.00
Faja Transportadora de Correa, Mat: PVC, PP, PU; 1-6m de largo	2	\$3,000.00	\$6,000.00
Faja Transportadora de Correa, Mat: goma; 10-20m de largo	3	\$4,200.00	\$12,600.00
Otros: tableros, cables, tuberías, Borneras	-	\$500.00	\$500.00
		TOTAL	\$45,713.75

Fuente: Elaboración Propia.

*Tabla N°6.2. Mano de obra*

SERVICIO	RECURSO HUMANO	COSTO
Instalación y configuración de equipos	2 Ing. Electrónico y 8 Técnicos	\$ 4,000.00
Programación de HMI	1 Ing. Electrónico	\$1,000.00
TOTAL		\$5,000.00

Fuente: Elaboración Propia.

En la siguiente tabla N°4.4, se muestra el consolidado de costos:

*Tabla N°6.3. Consolidado de Gastos*

CONSOLIDADO DE COSTOS	
EQUIPOS E INSTRUMENTACIÓN	\$45,713.75
COSTOS MANO DE OBRA	\$5,000.00
TOTAL	\$50,713.75

Fuente: Elaboración Propia.

# CAPÍTULO VII

## DISCUSION DE LOS RESULTADOS

#### **4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

1. El diseño del sistema automatizado nos permitió triturar la galleta (proveniente de la Línea 2 y 3) haciendo uso de un solo molino, priorizando la disponibilidad del mismo por parte de la Línea 2 o Línea 3, de acuerdo a condiciones específicas de diseño.
2. El diseño del sistema automatizado nos permitió controlar el estado (disponible o no disponible) de los motores y válvulas de forma remota a través del HMI, para fines de paradas de emergencia o mantenimiento.
3. El diseño del sistema automatizado nos arrojó como monto el valor de \$26,172.00 el cual está acorde al mercado.
4. EL diseño del sistema automatizado, hizo posible la autonomía del reproceso desde el ingreso de la galleta en la etapa de apilado hasta la obtención de la galleta triturada a la salida del molino.
5. De los resultados del diseño del sistema automatizado, se creó una interfaz amigable por la cual el operador podrá observar las etapas del sistema de

reproceso y a su vez controlar la salida de la galleta triturada proveniente del molino, de acuerdo a los criterios establecidos por la empresa.

6. A partir de las simulaciones realizadas del sistema automatizado de reproceso, mediante el software TIA-PORTAL, se verifico el correcto funcionamiento automático del sistema, comprobando que se ha realizado con éxito el diseño propuesto en este proyecto.

## CAPÍTULO VIII

# CONCLUSIONES

## 7. CONCLUSIONES

1. Se evaluó el sistema de reproceso de galletas existente en la Galletera del Norte S.A. y su operación, logrando tomar todos los datos necesarios para poder realizar el diseño del sistema automatizado para optimizar el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3.
2. Se logró proponer una alternativa de reproceso que cumpla con los requerimientos del área de aseguramiento de la calidad para optimizar el reproceso de galletas en las líneas de producción N° 2 y N° 3.
3. El sistema propuesto permite automatizar todas las etapas del reproceso de galleta (transporte y molido), así como permite al operador el control del estado de los motores y fajas para fines de paradas de emergencia o mantenimiento.
4. La simulación del sistema de control desarrollado en lenguaje escalera (ladder), mostró un control efectivo en cada etapa del proceso, permitiendo que el reproceso pueda operar más veces al día y de forma automática, reduciendo mano de obra y otros factores deficientes del sistema manual de reproceso con el que cuenta la empresa Galletera del Norte S.A.
5. El sistema de transporte automático diseñado tiene la capacidad de abastecer a dos líneas de producción simultáneamente (L2 y L3). Esto habilita la posibilidad de realizar futuras ampliaciones en el sistema de reproceso sin tener que redimensionar todo el sistema de reproceso planteado.

# CAPÍTULO XI

## RECOMENDACIONES

## **6. RECOMENDACIONES**

1. El sistema debe tener un mantenimiento preventivo, principalmente al PLC y al Panel de Operador, asimismo a los elementos de campo, tales como: sensores, electroválvulas, unidades de mantenimiento, válvulas y motores. De esta manera se asegurará que el sistema funcione de manera continua sin posibles fallas.
2. Informar a los operadores, que la nueva implementación de los equipos y sistema automatizado es para mejoras tanto para ellos como para el proceso.
3. Capacitar a los operadores con el nuevo sistema automatizado, para que puedan realizar un trabajo confiable y seguro.



# CAPÍTULO X

## REFERENCIAS

### **4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. LLEDO, Gonzalo. (2008). *Automatización de una Planta Industrial*. Alicante, España.242p.
2. CREUS, Antonio. (2010). *Instrumentación Industrial*. Barcelona (España), Marcombo S.A.
3. BOLTON, William. (2006). *Sistemas de Control Electrónico en la Ingeniería Mecánica y Eléctrica*. México, Alfaomega Grupo Editor S.A.

4. PONSA, Pere; GRANOLLERS, Antoni. (2009). *Diseño y Automatización Industrial*. Cataluña, España.30p.
5. RIVAS, Enrique. (1998). *Diseño de la Investigación Científica*. Edit.UPAO. Trujillo, Peru.90p.
6. NORIEGA, Paola; ABAD, Jorge (2004). *Producción sin Desperdicio: Caso de estudio en un Proceso de Fabricación de Galletas de Coco*. Escuela Superior Politecnica del Litoral. 10p.
7. TOMAS, Martin (2002). *Tutorial de Comunicaciones Industriales*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. 12p.
8. Información técnica de la planta de Trujillo de la Galletera del Norte S.A.

### **ACREDITACIÓN DE ASESORÍA**

Lenin Llanos León, ingeniero electrónico de profesión, con Colegiatura N°#####3, declaro que me encuentro habilitado para ejercer legalmente la profesión de Ingeniero y

123

me comprometo a la asesoría de la Tesis Titulada: “Diseño de un sistema automatizado para el reproceso de galletas en las líneas de producción N°2 y N°3, en la Galletera del Norte S.A. – Trujillo, La Libertad.” que será desarrollada por el Br. Walter Paul Rodríguez Ortiz y el Br. Gustavo Adolfo Nieva Mendoza, hasta su culminación, sustentación y defensa.

Trujillo, 22 de diciembre de 2015

-----  
Ing. Lenin Llanos León

-----  
Br. Walter Paul Rodríguez Ortiz

-----  
Br. Gustavo Adolfo Nieva Mendoza

