



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

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

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA  
LA ELABORACIÓN DE HARINA DE GRANOS ANDINOS EN EL  
LABORATORIO PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD  
DE CIENCIAS”**

**Trabajo de titulación previa la obtención del título de:**

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES  
INDUSTRIALES**

**AUTORES: VINICIO DAVID AREVALO FIALLOS**

**LENIN XAVIER ANGUISACA PESANTEZ**

**TUTOR: ING. MARCO VITERI**

**RIOBAMBA-ECUADOR**

**2016**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: “LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE HARINA DE GRANOS ANDINOS EN EL LABORATORIO PROCESOS INDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS”, de responsabilidad de los señores Lenin Xavier Anguisaca Pesantez y Vinicio David Arévalo Fiallos, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

<b>NOMBRE</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Miguel Tasambay, PhD		
<b>DECANO FIE</b>	.....	.....
Ing. Alberto Arellano.		
<b>DIRECTOR EIE CRI</b>	.....	.....
Ing. Marco Viteri.		
<b>DIRECTOR</b>	.....	.....
Ing. Alberto Arellano.		
<b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	.....	.....
<b>NOTA</b>	.....	.....

“Nosotros, **LENIN XAVIER ANGUISACA PESANTEZ** y **VINICIO DAVID ARÉVALO FIALLOS** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y el patrimonio intelectual del trabajo de Titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....  
**Lenin Xavier Anguisaca Pesantez**

.....  
**Vinicio David Arévalo Fiallos**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico en primer lugar a Dios, puesto que con su sabiduría me supo guiar por el camino correcto para hoy poder cumplir uno más de mis objetivos académicos, a mi madre Angelita por haberme dado la vida y apoyarme cuando lo necesite, a mi tía Narcisa y Don Ángel por todo su apoyo y saber aconsejarme en todo momento y ser un ejemplo de trabajo y superación, por ser personas trabajadoras y unidas en todo momento y que nunca se rinden ante cualquier circunstancia adversa, este trabajo va dedicado a toda mi familia.

### **Vinicio David Arévalo Fiallos**

La culminación del presente se lo dedico en primer lugar a Dios que ha sido luz y guía en el recorrido de la vida y me ha brindado la sabiduría y las oportunidades para alcanzar mis metas. A mis padres Diego y Teresa que son mi orgullo y mi modelo de superación, sacrificio, humildad y apoyo incondicional. A mis hermanos Jhofre, Cristina y Steven que me han enseñado lo que es la voluntad para seguir adelante, la fortaleza para superar las adversidades y el optimismo para las circunstancias que trae el convivir diario.

### **Lenin Xavier Anguisaca Pesantez**

## **AGRADECIMIENTO**

De una manera muy gratificante queremos expresar nuestros más sinceros agradecimientos a Dios por habernos dado la vida y poner en nosotros la sabiduría para culminar una de nuestras metas académicas. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a la Facultad de Informática y Electrónica y de una manera especial a la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales por permitirnos cursar por cada una de sus aulas y ser unos futuros profesionales útiles a la sociedad.

A los docentes de nuestra querida Escuela especialmente al Ing. Marco Antonio Viteri e Ing. Alberto Arellano, quienes con sus conocimientos y paciencia han aportado para el desarrollo de nuestro trabajo.

## INDICE GENERAL

PORTADA.....	ii
CERTIFICADO DE AUTENTICIDAD.....	iii
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
INDICE GENERAL .....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	xi
INDICE DE TABLAS .....	xiii
INDICE DE ABREVIATURAS .....	xiv
ANEXOS .....	xv
RESUMEN .....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	
1. MARCO TEÓRICO.....	6
1.1. Sistema electrónico .....	6
1.1.1. <i>Introducción</i> .....	6
1.1.2. <i>Conceptos Básicos</i> .....	7
1.1.2.1. <i>Controladores Lógicos Programables (PLC)</i> .....	7
1.1.2.2. <i>Sensores (Temperatura, humedad)</i> .....	8
1.1.2.3. <i>Diseño de Tableros de Control Industrial</i> .....	9
1.2. Sistema eléctrico .....	9
1.2.1. <i>Introducción:</i> .....	9
1.2.1.1. <i>Motor eléctrico</i> .....	9
1.2.1.2. <i>Calefactor eléctrico</i> .....	10
1.2.1.3. <i>Aparatos de maniobra de motor</i> .....	11
1.2.1.3.1. <i>Seccionamiento</i> .....	11
1.2.1.3.2. <i>Interruptor</i> .....	11
1.2.1.3.3. <i>Contactador</i> .....	12
1.2.1.4. <i>Protecciones eléctricas</i> .....	12
1.2.1.4.1. <i>Fusibles cortacircuitos de baja tensión</i> .....	12
1.2.1.4.2. <i>Interruptores magnéticos</i> .....	13

1.2.1.4.3.	<i>Interruptores térmicos</i> .....	13
1.2.1.4.4.	<i>Interruptores magneto – térmico</i> .....	13
1.2.1.4.5.	<i>Relés térmicos bimetálicos</i> .....	14
1.2.1.4.6.	<i>Interruptor automático de motor</i> .....	14
1.2.1.4.7.	<i>Puesta a Tierra</i> .....	15
1.3.	<i>Sistemas mecánicos</i> .....	15
1.3.1.	<i>Introducción</i> .....	15
1.3.1.1.	<i>Moto - reductores</i> .....	16
1.3.1.2.	<i>Sistema de poleas</i> .....	16
1.4.	<i>Programación e interfaces</i> .....	17
1.4.1.	<i>Introducción</i> .....	17
1.4.1.1.	<i>Programación</i> .....	18
1.4.1.2.	<i>Lenguaje de programación (PLC-TÍA PORTAL v13, HMI-delta dopsoft)</i> .....	19
1.4.1.3.	<i>Protocolos de comunicación industrial (ethernet)</i> .....	19
1.4.1.4.	<i>HMI – Interface-Hombre-Maquina</i> .....	20
1.5.	<i>Secado de granos</i> .....	21
1.5.1.	<i>Introducción</i> .....	21
1.5.1.1.	<i>Conceptos básicos</i> .....	21
1.5.1.2.	<i>Tipos de secado (secado por lecho fluidizado)</i> .....	22
1.5.1.2.1.	<i>Secado natural</i> .....	22
1.5.1.2.2.	<i>Secado artificial</i> .....	22
1.5.1.3.	<i>Temperaturas de secado de granos</i> .....	23
1.5.1.3.1.	<i>Secado de arveja</i> .....	24
1.5.1.3.2.	<i>Secado de frijol</i> .....	24
1.5.1.3.3.	<i>Secado de cebada</i> .....	25
1.5.1.3.4.	<i>Secado de trigo</i> .....	25
1.5.1.3.5.	<i>Secado de maíz</i> .....	25
1.6.	<i>Tostado de granos</i> .....	25
1.6.1.	<i>Introducción</i> .....	25
1.6.1.1.	<i>Conceptos básicos</i> .....	26
1.6.1.2.	<i>Tipos de tostado</i> .....	26
1.6.1.3.	<i>Temperaturas para el tostado de los granos</i> .....	26
1.6.1.3.1.	<i>Arveja</i> .....	26
1.6.1.3.2.	<i>Frijol</i> .....	26
1.6.1.3.3.	<i>Cebada</i> .....	26
1.6.1.3.4.	<i>Maíz</i> .....	27
1.6.1.3.5.	<i>Trigo</i> .....	27

1.7.	Molido de granos .....	28
1.7.1.	Introducción .....	28
1.7.1.1.	Conceptos básicos .....	28
1.7.1.2.	Harinas .....	28

## CAPITULO II

2.	MARCO METODOLOGICO .....	30
	INTRODUCCIÓN .....	30
2.1.	Diseño e implementación de un sistema automático .....	30
2.1.1.	Diseño de un sistema automático (hardware) .....	30
2.1.1.1.	Planos eléctricos y electrónicos .....	31
2.1.2.	Diseño de tablero de control .....	31
2.1.3.	Motor de ½ HP .....	32
2.1.3.1.	Datos técnicos de motor .....	32
2.1.3.2.	Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor: .....	33
2.1.4.	Niquelina industrial .....	33
2.1.4.1.	Datos técnicos niquelina .....	34
2.1.4.2.	Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor .....	34
2.1.4.3.	Calculo de corriente máxima para el dimensionamiento del breaker. ....	35
2.1.5.	Calefactor eléctrico .....	35
2.1.5.1.	Datos técnicos calefactor .....	35
2.1.5.2.	Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor: .....	36
2.1.5.3.	Calculo de corriente máxima .....	36
2.1.6.	Ventolera .....	36
2.1.6.1.	Datos técnicos ventolera .....	37
2.1.6.2.	Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor: .....	37
2.1.6.3.	Calculo de corriente máxima .....	37
2.1.7.	Soplador de hojas .....	37
2.1.7.1.	Datos técnicos del soplador de hojas .....	38
2.1.7.2.	Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor: .....	38
2.1.7.3.	Calculo de corriente máxima .....	38
2.1.8.	Motor de plumas .....	38
2.1.8.1.	Datos técnicos motor de plumas .....	39
2.2.	Dispositivos de control y sensores .....	39
2.2.1.	Botones .....	39
2.2.2.	Selector .....	40
2.2.3.	Luces de señalización .....	40



2.2.4.	<i>Sensor de humedad y temperatura</i> .....	41
2.2.4.1.	<i>Datos técnicos sensor</i> .....	41
2.2.4.2.	<i>Distribución de los cables</i> .....	42
2.3.	<i>Sistema hardware para el control</i> .....	42
2.3.1.	<i>Fuente de alimentación</i> .....	42
2.3.2.	<i>PLC (Controlador Lógico Programable)</i> .....	43
2.4.	<i>Montaje de tablero de control</i> .....	44
2.4.1.	<i>Sección de control</i> .....	44
2.4.2.	<i>Sección de protección</i> .....	44
2.4.3.	<i>Sección de fuerza</i> .....	45
2.5.	<i>Calculo de breaker general</i> .....	45
2.6.	<i>Diseño del sistema automático</i> .....	46
2.7.	<i>Programación del PLC</i> .....	46
2.8.	<i>Diseño de solución para la tarea de automatización</i> .....	47
2.9.	<i>Creación del programa en software STEP 7</i> .....	48
2.9.1.	<i>Configuración del hardware necesario</i> .....	48
2.10.	<i>Creación del programa</i> .....	49
2.10.1.	<i>Modo automático</i> .....	51
2.10.2.	<i>Entradas</i> .....	53
2.10.3.	<i>Salidas</i> .....	53
2.10.4.	<i>Sensor</i> .....	54
2.10.5.	<i>Bloques de Funciones (FB)</i> .....	55
2.10.6.	<i>Base de datos (DB)</i> .....	55
2.11.	<i>Depuración y transferencia del programa a la CPU</i> .....	56
2.12.	<i>Programación HMI</i> .....	57
2.12.1.	<i>Pantalla de inicio del programa</i> .....	58
2.12.2.	<i>Selección de modelo de HMI</i> .....	58
2.12.3.	<i>Ventana de trabajo</i> .....	59
2.13.	<i>Desarrollo de interfaz</i> .....	60
2.13.1.	<i>Pantalla de inicio</i> .....	60
2.13.2.	<i>Área de trabajo</i> .....	61
2.14.	<i>Ajustes del HMI</i> .....	62
2.14.1.	<i>Asignación de memorias/ direcciones</i> .....	62
2.15.	<i>Vinculación HMI DELTA y PLC Siemens</i> .....	63
2.15.1.	<i>Configuración de dirección IP</i> .....	63
2.15.2.	<i>Configuración IP del HMI</i> .....	64
2.16.	<i>Elaboración de recetas</i> .....	64

### CAPÍTULO III

3.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	66
3.1.	INTRODUCCIÓN .....	66
3.1.1.	<i>Análisis de las condiciones de la máquina antes del proceso de automatización. ...</i>	66
3.1.1.1.	<i>Sistema Eléctrico.....</i>	67
3.1.1.2.	<i>Sistema Electrónico.....</i>	69
3.1.1.3.	<i>Sistema Mecánico .....</i>	70
3.2.	Análisis de las condiciones de la máquina después del proceso de automatización.	71
3.2.1.	<i>Sistema eléctrico .....</i>	71
3.2.2.	<i>Sistema Electrónico.....</i>	73
3.2.3.	<i>Sistema Mecánico .....</i>	75
3.3.	<i>Pruebas realizadas.....</i>	77
3.3.1.	<i>Datos de Temperatura y Humedad en el secador de granos. ....</i>	77
3.3.2.	<i>Tiempos de sacado de granos del tostador. ....</i>	78
3.3.2.1.	<i>Cebada .....</i>	78
3.3.2.2.	<i>Trigo.....</i>	78
3.3.2.3.	<i>Maíz.....</i>	78
3.3.2.4.	<i>Arveja.....</i>	79
3.3.2.5.	<i>Frejol.....</i>	79
3.4.	Tiempos y temperaturas en cada uno de los granos durante el proceso de elaboración de harina	79
3.4.1.	<i>Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de cebada .....</i>	80
3.4.2.	<i>Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de trigo .....</i>	80
3.4.3.	<i>Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de maíz .....</i>	81
3.4.4.	<i>Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de arveja.....</i>	82
3.4.5.	<i>Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de frejol .....</i>	83
	CONCLUSIONES .....	84
	RECOMENDACIONES .....	85
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1</b> Constitución del Sistema Electrónico .....	6
<b>Figura 2-1</b> Interruptor térmico .....	13
<b>Figura 3-1</b> Interruptor magneto térmico.....	14
<b>Figura 1-2</b> Elementos del Tablero de control.....	31
<b>Figura 2-2</b> Motor ½ HP. ....	32
<b>Figura 3-2</b> Niquelina industrial tipo W. ....	34
<b>Figura 4-2</b> Calefactor eléctrico.....	35
<b>Figura 5-2</b> Ventolera eléctrica de 4’’ .....	36
<b>Figura 6-2</b> Soplador de hojas.....	37
<b>Figura 7-2</b> Motor de plumas de Automóvil .....	39
<b>Figura 8-2</b> Botones.....	40
<b>Figura 9-2</b> Selector.....	40
<b>Figura 10-2</b> Luces de señalización.....	41
<b>Figura 11-2</b> Sensor de Humedad y Temperatura .....	41
<b>Figura 12-2</b> Distribución de los cables .....	42
<b>Figura 13-2</b> Fuente de Alimentación .....	43
<b>Figura 14-2</b> PLC (Controlador Lógico Programable).....	43
<b>Figura 15-2</b> Sección de Control .....	44
<b>Figura 16-2</b> Sección de Protección .....	44
<b>Figura 17-2</b> Sección de Fuerza .....	45
<b>Figura 18-2</b> Configuración del hardware necesario .....	49
<b>Figura 19-2</b> Ladder modo automático.....	50
<b>Figura 20-2</b> Ladder de entradas y salidas.....	50
<b>Figura 21-2</b> Ladder modo manual.....	51
<b>Figura 22-2</b> Ladder de recetas.....	51
<b>Figura 23-2</b> Ladder de asignación de tiempos .....	52
<b>Figura 24-2</b> Organizador de bloques (OB) .....	52
<b>Figura 25-2</b> Funciones FC .....	53
<b>Figura 26-2</b> Entradas .....	53
<b>Figura 27-2</b> Salidas .....	54
<b>Figura 28-2</b> Asignación de tiempos a las recetas .....	54
<b>Figura 29-2</b> <i>Ladder</i> de sensor .....	55
<b>Figura 30-2</b> Bloques de funciones (FB).....	55
<b>Figura 31-2</b> Bloque de base de datos (DB).....	56
<b>Figura 32-2</b> Depuración y Transferencia del Programa a la CPU .....	57
<b>Figura 33-2</b> Programación HMI.....	57
<b>Figura 34-2</b> Proyecto en DOPSoft. ....	58
<b>Figura 35-2</b> Pantalla de Inicio del programa.....	58
<b>Figura 36-2</b> Selección de Modelo de HMI.....	59
<b>Figura 37-2</b> Ventana de Trabajo .....	59
<b>Figura 38-2</b> Funciones de la HMI.....	60

<b>Figura 39-2</b> Desarrollo de Interfaz.....	60
<b>Figura 40-2</b> Pantalla de Inicio.....	61
<b>Figura 41-2</b> Área de trabajo .....	61
<b>Figura 42-2</b> Menú principal .....	62
<b>Figura 44-2</b> Asignación de memorias/ direcciones.....	63
<b>Figura 1-3</b> Vista del secador por lecho fluidizado .....	67
<b>Figura 2-3</b> Antiguo tablero de control del secador por lecho fluidizado.....	68
<b>Figura 3-3</b> Selector puesta en marcha. ....	68
<b>Figura 4-3</b> Luz indicadora de puesta en marcha. ....	69
<b>Figura 5-3</b> Termocupla.....	69
<b>Figura 6-3</b> Microcomputadora tipo KG316T. ....	70
<b>Figura 7-3</b> Ventolera. ....	70
<b>Figura 8-3</b> Nuevo tablero de control vista interna. ....	72
<b>Figura 9-3</b> Nuevo tablero de control vista externa.....	72
<b>Figura 10-3</b> Nuevo sistema HMI. ....	73
<b>Figura 11-3</b> Nuevo sistema de visualización HMI. ....	74
<b>Figura 12-3</b> Sensor de Temperatura y Humedad.....	74
<b>Figura 13-3</b> PLC Siemen S7 1200. ....	75
<b>Figura 14-3</b> Motor de plumas de automóvil 12 V.....	76
<b>Figura 15-3</b> Placa del Motor 1/2 HP.....	76

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1</b> Características PLC Siemens S7 1200.....	8
<b>Tabla 2-2</b> Datos técnicos del motor.....	32
<b>Tabla 3-2</b> Datos técnicos de la niquelina .....	34
<b>Tabla 4-3</b> Datos técnicos del calefactor .....	35
<b>Tabla 5-2</b> Datos técnicos de ventolera .....	37
<b>Tabla 6-2</b> Datos técnicos del soplador .....	38
<b>Tabla 7-2</b> Datos técnicos del sensor.....	41
<b>Tabla 8-3</b> Datos de Temperatura y Humedad sin granos .....	77
<b>Tabla 9-3</b> Tiempos de sacado de cebada del tostador .....	78
<b>Tabla 10-3</b> Tiempos de sacado de trigo del tostador.....	78
<b>Tabla 11-3</b> Tiempos de sacado de maíz del tostador.....	78
<b>Tabla 12-3</b> Tiempos de sacado de arveja del tostador.....	79
<b>Tabla 13-3</b> Tiempos de sacado de frejol del tostador.....	79
<b>Tabla 14-3</b> Tiempos de secado de cebada .....	80
<b>Tabla 15-3</b> Tiempos de tostado de cebada .....	80
<b>Tabla 16-3</b> Tiempos de secado de trigo .....	80
<b>Tabla 17-3</b> Tiempos de tostado de trigo.....	81
<b>Tabla 18-3</b> Tiempos de secado de maíz .....	81
<b>Tabla 19-3</b> Tiempos de tostado de maíz.....	81
<b>Tabla 20-3</b> Tiempos de secado de arveja .....	82
<b>Tabla 21-3</b> Tiempos de tostado de arveja.....	82
<b>Tabla 22-3</b> Tiempos de secado de frejol .....	83
<b>Tabla 23-3</b> Tiempos de tostado de frejol.....	83

## INDICE DE ABREVIATURAS

- PLC** Controlador Lógico Programable.
- HMI** Interfaz Maquina Humano.
- AC** Corriente Alterna.
- DC** Corriente Directa.
- DI** Entrada Digital.
- AI** Entrada Analógica.
- VAC** Voltaje Corriente Alterna.
- VDC** Voltaje Corriente Directa
- T** Torque o Momento de Fuerza.
- P** Potencia.
- V** Voltaje
- RPM** Revoluciones Por Minuto.
- I** Intensidad.
- E** Energía.
- R** Resistencia.
- t** Tiempo
- GLP** Gas Licuado de Petróleo.
- gL** Protección de Cables y Conductores.
- aM** Protección de Aparatos de Maniobras.
- HP** Caballo de Fuerza.
- TCP** Protocolo de Transmisión de Información.
- IP** Protocolo de Internet.
- NIC** Centro de Información de Red.
- HR** Humedad Relativa.
- It** Intensidad total.
- Id** Intensidad dimensionado.
- LADDER** Diagrama de Escalera.

## **INDICE DE ANEXOS**

ANEXO A: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE LA ETAPA DE TOSTADO.

ANEXO B: DISEÑO DE ETAPA DE MOLIDO REALIZADO EN AUTOCAD

ANEXO C: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL TABLERO DE CONTROL

ANEXO D: CATÁLOGO DE CONTACTORES DE LA LÍNEA LS.

ANEXO E: CATÁLOGO DE BREAKERS TERMO-MAGNÉTICOS DE LA LÍNEA STECK.

ANEXO F: CATÁLOGO DE GUARDAMOTORES DE LA LÍNEA LS

ANEXO G: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS, SALIDAS Y MEMORIAS DEL PLC.

ANEXO H: DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DE ETAPA DE SECADO.

ANEXO I: DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DE ETAPA DE TOSTADO.

ANEXO J: DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DE ETAPA DE MOLIDO.

## RESUMEN

Se desarrolló la automatización del secador de Granos por lecho fluidizado del Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, y se implementaron dos etapas que fueron: tostado y molido de granos, de esta manera se pudo obtener un solo conjunto de equipos para la realización del tema denominado: “Implementación de un sistema automatizado para la elaboración de harina de granos andinos en el Laboratorio Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias”. Antes de la automatización se realizó un diagnóstico de las condiciones así mismo el funcionamiento de los sistemas que componían la maquina como eran mecánicos, eléctricos y electrónicos, para posterior al proceso de automatización realizar los ajustes, además de realizar las pruebas necesarias para comprobar el buen funcionamiento del nuevo sistema a ser implementado. El control de la parte del Software se realizó mediante dos herramientas de programación: STEP 7 para el Controlador Lógico Programable PLC S7-1200, y DopSoft para la programación de la HMI DELTA de 4.3”. Para la manipulación de los actuadores se empleó contactores y guardamotores. La comunicación entre el PLC y la HMI se lo realizo mediante Ethernet. El sistema software y hardware se acoplan para permitir un control automático de la máquina, para un manejo fácil y amigable con el operador. Por otra parte permite al sistema el control de la humedad para que el grano se mantenga dentro del rango de 16% a 20% de humedad relativa. Se concluye que implementar el nuevo sistema, mejora su disponibilidad y por ende el rendimiento. Entre las recomendaciones es necesario la revisión de datos técnicos de los elementos utilizados en la parte de control automático.

Palabras Clave: <CONTROL AUTOMÁTICO INDUSTRIAL> <ELABORACIÓN DE HARINA> <CONTROL Y REDES INDUSTRIALES> < SOFTWARE [DopSoft; STEP 7]> <SISTEMA AUTOMATIZADO>



## **ABSTRACT**

The automation of grain drying was developed by fluid bed from the laboratory of industrial processes at the faculty of Science at the Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, and two stages were implemented: toasted grain and grain milled, this way it could obtain a single set of equipment for carrying out the topic called: Implementation of an automated system for the production of flour of Andean grains in the laboratory of industrial processes at the faculty of Sciences. Before automating, a diagnosis of the conditions was performed, also the operation of systems that made up the machine as they were mechanical, electrical and electronic, for post-process automation make adjustments in addition to performing the necessary test for checking the good performance of the new system to be implemented. The control of the software was performed by using two programming tools: STEP 7 for the programmable logic controller PLC S7 – 1200, and DOPSOFT for programming HMI DELTA of 4.3”. For handling actuators, contactors and motor protection were used. The communication between PLC (Programmable Logic Controller) and HMI (Machine Man Interface) was performed by Ethernet. The software and hardware system are couple to allow an automatic control of the machine for an easy and a friendly management with the operator. On other hand it enables the system to control moisture, so that the grain is kept within the range of 16% to 20% of relative humidity. It is concluded that implementing the new system improves availability and therefore performance. Among the recommendations the review of technical data of the elements used in the automatic control part is necessary.

**KEYWORDS:** <INDUSTRIAL AUTOMATIC CONTROL> <PRODUCTION OF FLOUR. >  
<CONTROL AND INDUSTRIAL NETWORKS> < SOFTWARE [DopSoft; STEP 7]>  
<AUTOMATED SYSTEM>

## **INTRODUCCIÓN**

Es importante recalcar que una vez aclarado anteriormente el método de secado empezará el estudio en los laboratorios de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias de la Universidad, La secadora que se aplicará para este proceso trabajara con una lista de granos con los que se puede trabajar.

El trabajo en si consistirá en automatizar el proceso de secado para que labore con varios tipos de granos, para ello es necesario instalar nuevos elementos para la medición, control y supervisión del estado del producto, así como también el acondicionamiento del sistema mecánico y aditamentos en el equipo como es la instalación de un sistema para la creación de harina, que constara de una tostadora y un molino.

Por otro lado la tecnología que se tiene planificado utilizar es un PLC (Controlador Lógico programable), para poder programar las distintas secuencias de procesos que se debe realizar, la programación se realizará mediante la instalación de un HMI, permitiendo de esta manera el manejo de las variables que intervienen dentro del proceso de secado, hay que dejar claro que el usuario no intervendrá en los parámetros a controlar (Tiempo, temperatura), sino que se le facilitara un menú de recetas programadas para que el usuario pueda elegir el tipo de grano con el que desea trabajar, todo esto estará bajo los criterios de ingeniería estudiados.

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:**

### **Contextualización**

En el Ecuador el sector agrícola necesita almacenar los alimentos, debido a que es una operación de acopio de productos, con el objeto de garantizar la calidad de un determinado producto, debido a que los granos son los alimentos más comunes en ser almacenados, pero antes de proceder a su almacenaje este debe seguir tratamientos para evitar que todos estos productos se pierdan o corran el peligro de deteriorarse durante el tiempo que dure el almacenaje.

Un punto muy importante de analizar es la humedad, ya que origina pudrición e ingreso de hongos a los productos, obteniendo en pérdida de dinero, recursos y principalmente de producción, a los agricultores.

Es por lo anterior que todo agricultor debe tomar medidas de protección en este caso es viable tomar el proceso de secado ya que permitirá reducir el riesgo del producto que conlleva al almacenarlo, mucho agricultores realizan dos maneras de secado las mismas que pueden ser de manera natural o artificial: El secado natural es el método más sencillo y económico donde el factor tiempo es primordial, este método consiste en aprovechar el viento y el calor del sol para reducir y eliminar la humedad de los productos, por otro lado el secado artificial nace cuando se difunde la práctica de la cosecha anticipada donde el agricultor tuvo la necesidad de utilizar equipos mecánicos y eléctricos para el secado de sus productos.

Es así que nace el proceso de secado industrial es mismo que utiliza la fluidización para el secado artificial de granos, el mismo que consiste en el contacto entre partículas y fluido el cual provee una alta transferencia de calor y materia, proveyendo una temperatura prácticamente homogénea de lecho lograda a través de un buen nivel de mezcla de sólidos, facilitando el control del proceso, por medio de lechos fluidizados implica el secado, enfriamiento, aglomeración, granulación y revestimiento de los granos.

### **Formulación del Problema:**

¿Cómo incide la Implementación de un sistema automatizado para la elaboración de harina de granos andinos en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias?

**Limite espacial:** Granos andinos; Facultad de ciencias

**Unidades de Observación:** Sistema automatizado para la elaboración de harina de granos andinos en el laboratorio de procesos industriales de la facultad de ciencias

**Delimitación Temporal:** Año 2015

**Variables:**

- **Variable Independiente:** Temperatura
- **Variable Dependiente:** Tiempo

**Sistematización del Problema.**

Para logara mejorar los procesos de secado de granos se debe determinar la situación actual es decir:

- ¿Cómo es el tiempo que se demora en realizar este proceso?
- ¿Cómo organizar un control de los datos, que integrados a un algoritmo resuelvan el problema planteado?
- ¿Cómo la elaboración de recetas de granos sería un buen complemento hacia la automatización industrial del secado?
- ¿Qué tan provechoso sería un sistema automático de secado, tostado y molienda de granos frente al sistema manual?

## **JUSTIFICACIÓN**

El presente estudio se justifica por la importancia de proponer soluciones a los problemas planteados con anterioridad no solo al identificar las causas por las cuales los productos se deterioran o se perjudican en el almacenamiento

### **Justificación Teórica**

La planta de secado actualmente se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento, pero la necesidad de insertar un sistema automático nos ha llevado a revisar varios métodos para su automatización y hemos optado por insertar dos tipos de control que son en lazo abierto y lazo cerrado, a continuación se explicara en qué etapa se insertara cada control y la razón de su inserción.

En la etapa de secado de grano se pretende insertar un control realimentado se ha tomado esta decisión debido a que la variable crítica es la temperatura, al relacionar esta variable con el tiempo de secado requiere que nuestra variable temperatura se mantenga estable a pesar de las perturbaciones en los cambios de temperatura del exterior, esto a fin de evitar que el grano sea secado mucho o que este quede aun con rastros de humedad.

En la segunda etapa de nuestro sistema la cual es la tostada de los granos, nos hemos guiado por antecedentes de varias tesis anteriores y hemos llegado a la conclusión de que la salida de esta etapa no tiene ningún efecto sobre la acción de control de la fase de tostado por ende el control a utilizar sería a través de un control de lazo abierto.

La última etapa del sistema se trata de la fase de molido del grano, en esta fase hemos dispuesto incluir un sistema de lazo cerrado, para esta decisión nos hemos basado bajo una condición de automatización la cual es aprovechar el rendimiento de los equipos y disminuir o eliminar pérdidas de tiempo en el paro de los procesos.

Para la parte de la molienda se utilizará un molino marca corona puesto que:

- Son garantizados para la molienda de granos
- El precio es relativamente bajo.
- Disponibilidad en el mercado Ecuatoriano.

### **Justificación Aplicativa**

Al comienzo de la etapa de madurez fisiológica, los granos presentan, además del contenido máximo de materia seca, un elevado porcentaje de agua. Esta condición acarrea algunas dificultades, pues los granos no resisten los procedimientos mecánicos de recolección y demás operaciones de tratamiento. Es preciso esperar, entonces, que la cosecha se realice tan pronto como los granos lo soporten. Esta técnica ofrece algunas ventajas, como son: un mayor porcentaje de materia seca (como ya se mencionó), menor contaminación del producto en el campo, menor pérdida por ataque de depredadores, mayor porcentaje de germinación y vigor y otras. Otro factor que incide en el secado de granos es la variación del clima en las diferentes regiones de nuestro país. Como ingenieros tenemos el deber de encontrar formas o métodos simples y sencillos que ayuden a solucionar estos problemas con el objetivo de facilitar el trabajo del agricultor.

Los granos son parte fundamental de la economía a nivel industrial es por tal motivo que nuestro trabajo es el de implementar un sistema automático para la planta de secado de granos a través de lecho fluidizado, la cual se encuentra en funcionamiento en el laboratorio de procesos industriales de la Facultad de Ciencias en la ESPOCH, la máquina por el momento funciona de una manera totalmente manual y solo tiene la función de secado para granos de trigo, por lo que nuestro trabajo para un mejor rendimiento es la de ampliar la gama de granos que pueden pasar por esta planta para el proceso de secado, además de facilitar el trabajo del usuario mediante la creación de recetas para que este no tenga que intervenir en la manipulación del equipo y se

limite solo al uso de una interfaz gráfica de fácil manejo a través de una HMI, una vez que se ha cumplido con el proceso de secado el grano.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Implementar un sistema automatizado para la elaboración de harina de granos andinos en el laboratorio de procesos industriales en la facultad de ciencias.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar la temperatura y tiempo de secado para cada tipo de grano en la receta, mediante pruebas a fin de definir el secado que cumpla los estándares de calidad requeridos.
- Diseñar un Sistema Mecánico, Electrónico y Eléctrico, para el sistema de automatización
- Validar el funcionamiento del sistema automatizado en la elaboración de la harina de granos andinos, realizado en los laboratorios de procesos industriales en la facultad de ciencias.

## CAPITULO I

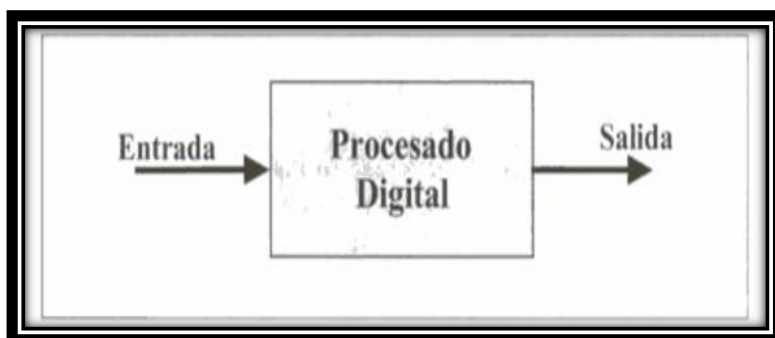
### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Sistema electrónico

##### 1.1.1. *Introducción*

Un sistema electrónico es aquel que está constituido por 3 etapas que son:

- Entradas
- Proceso
- Salidas



**Figura 1-1** Constitución del Sistema Electrónico

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Al respecto comenta (López Víctor, 2012, págs. 2-7): En general todos los sistemas electrónicos constan de tres bloques funcionales claramente diferenciados: bloques de entrada, bloques de proceso y bloques de salida.

Un bloque de entrada es aquel que a través del cual se introduce la orden o señal, bien a través de un elemento accionador o bien a través de sensores.

Un bloque de proceso es que se ocupa de transformar la señal de entrada en otra (señal de salida) capaz de accionar el módulo de salida. Son dispositivos que deciden cual es la acción a realizar.

Un bloque de salida se encarga de realizar la acción correspondiente para la que se diseña, recibiendo la señal de salida del bloque de proceso para actuar.

El desarrollo de los sistemas electrónicos revolucionan por completo el campo de las comunicaciones tanto como la gestión de información y la informática; los circuitos integrados que dichos sistemas poseen han permitido reducir el tamaño de los dispositivos con el consiguiente descenso de los costos de fabricación y mantenimiento de diversos sistemas, ofreciendo, a su vez, una mayor fiabilidad y velocidad.

### **1.1.2. Conceptos Básicos**

Como señala, (Espí Lopez, Camps Valls, & Muñoz Mari, 2010, p. 18) en su libro titulado “Fundamentos de Electrónica Analógica” comenta que:

Sistema electrónico es un conjunto de dispositivos electrónicos interconectados y alimentados con una o varias fuentes de tensión continua, que realizan una función determinada. Tales componentes de un sistema electrónico pueden estar ubicados en una placa de circuito impreso. Si el sistema tiene componentes activos como es más frecuente, debe estar alimentado por una fuente de tensión continua y tener un punto de referencia del sistema conocido por tierra o masa.

#### **1.1.2.1. Controladores Lógicos Programables (PLC)**

Como afirma, (Hyde, Regue, & Caspinera, 2009, p. 112) en su libro titulado “Control Electro neumático y Electrónico” que:

Un controlador lógico programable es un dispositivo que controla una maquina o proceso y puede considerarse como una caja de control con dos filas de terminales: una para salida y otra entrada. Los de salida proporcionan comandos para conectar dispositivos como lámparas indicadoras, indicadores acústicos y otros de salida. Los de entrada reciben señal de realimentación para conexión a dispositivos como interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, y otros dispositivos.

El PLC que nosotros utilizamos para nuestro proceso es uno de la marca SIEMENS cuyo modelo específico para el control de nuestro proceso es el SIMATIC S7 1200 1212C AC/DC/RLAY, se eligió este tipo de PLC puesto que es el que nos brinda los requerimientos necesarios para realizar nuestro proceso, dichas características se las podrá ver en la **Tabla 1-1**, en donde se detallan el número de entradas tanto Analógicas como digitales, de la misma manera se puede observar el número de salidas que nuestro PLC posee y algo principal y que siempre se debe de tener en cuenta al momento de la conexión de equipos eléctricos que es el tipo de alimentación.



**Tabla 1-1 Características PLC Siemens S7 1200**

Características S7 1200	
Entradas Digitales	8 DI 24V DC
Entradas Analógicas	2 AI 0 – 10V DC
Salidas	6 DO RLY/DC
Alimentación	110 VAC

**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

De la misma manera se eligió este tipo de controlador porque nos permite una programación que es amigable con el usuario, y de tener un lenguaje de programación conocido por los proponentes de trabajo de titulación

#### **1.1.2.2. Sensores (Temperatura, humedad)**

Como señala, (Serna Ruiz, Ros Garcia, & Rico Noruega, 2010, pág. 45), en su libro titulado “Guía Práctica de Sensores”.

Los sensores de temperatura son aquellos cuyo funcionamiento viene dado por la modificación de la resistencia eléctrica o conductividad de su material de función de las variaciones de temperatura. Esta función se puede medir a raíz de determinados fenómenos como la dilatación de cuerpos sólidos, líquidos o gaseosa, emisión y de absorción de rayo infrarrojos, etc. Dichos elementos no funcionan únicamente como consecuencia de la variación de su resistencia en la temperatura sino que experimentan determinados cambios de conductividad.

Como señala, (Serna Ruiz, Ros Garcia, & Rico Noruega, 2010, pág. 69), en su libro titulado “Guía Práctica de Sensores”.

Los sensores de humedad se utilizan para expresar la cantidad de agua que existe en un medio determinado, ya sea líquido, sólido o gaseoso. Conocer esta cantidad o concentración puede ser muy útil para determinados propósitos, ya que podría influir en el funcionamiento de procesos industriales, alimentarios, agrícolas, o en la duración de ciertos elementos incorporados a electrodomésticos, vehículos, telefonía, etc.

Entre los distintos tipos de sensores de humedad y temperatura el sensor de modelo MQ 3120 se trata de un transmisor de humedad y temperatura basadas en elementos capacitivos por el cual son ideales para la detección de humedad relativa y temperatura. El modelo 3120 presenta una

característica importante a la hora de asociarlo con el PLC, puesto que este sensor en salida emite una señal digital de igual valor tanto en la salida de señal de temperatura como la salida de señal de humedad, de esta manera se evita incorporar un módulo de acondicionamiento de señal y presentando un ahorro en presupuesto dispuesto para la elaboración de este trabajo.

### **1.1.2.3. *Diseño de Tableros de Control Industrial***

Como señala, (Quintanilla Martínez, 2009, pág. 147), en su libro titulado “Experiencias Concretas de Innovación y Aprendizaje Tecnológico en la Empresa Luz y Fuerza del Centro”

Un tablero es un gabinete o panel, que se fabrica de lámina de acero rolado en frío en calibres 12, 14 o 16 usg, el tipo o aplicación del tablero. Contiene equipos eléctricos que nos sirve para proteger, medir y controlar componentes eléctricos de potencia en alta tensión, como son: líneas de transmisión, generadores de centrales o plantas eléctricas, transformadores de potencia, alimentadores de distribución, etc. En condiciones seguras, simples, confiables, económicas y veloces de operación.

Una caja o gabinete contiene dispositivos de conexión, maniobra, medición, comando, protección, alarmas, señalización que cumplen una función específica dentro de un mismo sistema eléctrico, el ensamblaje de esta caja debe seguir criterios de diseño y normas de garantía de seguridad de los operarios y de las instalaciones del recinto en donde se ubique dicha caja.

## **1.2. Sistema eléctrico**

### **1.2.1. *Introducción:***

Armar un sistema para la creación de harina requiere de elementos fundamentales como dispositivos generadores de calor, equipo de generación de gas, elementos que conviertan la energía eléctrica en calor, convertidores de energía eléctrica en energía mecánica, dispositivos de protección eléctrica entre otros. Todos estos elementos mencionados tienen en común que funcionan a base de energía eléctrica.

#### **1.2.1.1. *Motor eléctrico***

Para los autores (Cabrerizo Dulce María & Boza Juan Luis & Pérez Javier, 2008), aluden que: Un motor eléctrico transforma energía eléctrica en energía mecánica. Dentro del mercado se puede encontrar una infinidad de motores eléctricos variando en tamaño, potencia, torque, revoluciones por minuto entre otros, y cada uno de estas magnitudes es dimensionado según las necesidades del usuario y con qué finalidad se pretende usar este elemento.

Para la obtención del producto final que este caso es la obtención de harina es importante dimensionar un motor que tenga el suficiente torque como para triturar y una forma de calcular esta fuerza es mediante el número de giros que realiza en un minuto y su potencia consumida, esta fórmula se la detalla en la **ecuación 1.1**

$$T = \frac{P * 716}{RPM}$$

**Ecuación 1.**

Un común confundir la potencia de un motor con el torque ejercido por este, por ello se debe tener en cuenta que el par de un motor es la fuerza que genera un motor en cada giro, el cual si se le combina con la velocidad de giro obtenemos la potencia.

En motores eléctricos el par máximo se en el arranque del motor que posteriormente va disminuyendo, al mantener constante la tensión y la resistencia aumenta en el giro, el par deberá aumentar para mantener las revoluciones del motor.

#### 1.2.1.2. *Calefactor eléctrico*

Un calefactor eléctrico se trata de un aparato con la capacidad de generar un flujo de aire caliente a partir de la energía eléctrica, siendo el más común el de tipo resistivo cuya generación es por medio del efecto Joule, **ecuación 1.2**. Al respecto comenta el autor (Boylestad Robert L, 2011), alude que: Una de las aplicaciones más comunes de la resistencia es un dispositivo domésticos como tostadores y calefactores eléctricos, donde el calor generado por la corriente que pasa por un elemento resistivo para efectuar una función útil.

$$E = I^2 * R * t$$

**Ecuación 2.**

La generación de calor por medio de GLP tiene algunas desventajas económicas, ambientales y de seguridad, por ser un derivado de petróleo este emiten dióxido de carbono y al encontrarse dentro de un lugar cerrado se convierte perjudicial para las personas que se encuentra en el lugar, además los últimos cambios de la matriz energética hace que la obtención de este producto sea de mayor convirtiéndose a largo plazo un gasto exorbitante. Son estas las razones fundamentales por que el un calefactor eléctrico destaca como generador de calor, que además de ser amigable con el ambiente posee un tiempo de uso prolongado e ininterrumpido.

### 1.2.1.3. *Aparatos de maniobra de motor*

Según el autor (Rifaldi Alfredo & Sirabonian Norberto I, 2012) aluden lo siguiente:

- Maniobras en la Red Eléctrica, Seccionamiento e Interruptor.
- Maniobras en la red Eléctrica.

En la red eléctrica es necesario ejecutar, variar su configuración, su topología. Ciertas maniobras son necesarias para simplemente conectar cargas, se debe establecer corriente en condiciones que se presumen normales, pero a veces la maniobra origina una falla.

El aparato sometido a estos requerimientos debe ser capaz de soportar la condición previa a la maniobra, asegura la aislación de la carga, luego establecer la corriente normal o cuando la falla existe, la corriente de falla. Si ocurre la falla de algún aparato deberá encargarse de la interrupción, siendo adecuado para ello, soportando los fenómenos que sucede inmediatamente.

Según la red se presentaran distintas condiciones que podemos analizar en detalle pero la corriente que debe establecerse e interrumpirse pueden además tener distintas características, capacitiva, inductiva, tener dispositivos valores, incluir una componente continua, armónicas etc. Ciertas maniobras se ejecutan sin establecer o interrumpir corriente, se las llama maniobras de seccionamiento, para distinguirlas de las de interrupción.

#### 1.2.1.3.1. *Seccionamiento*

El aparato que cumple esta función se llama seccionador, y se trata de un aparato electrónico cuya función es estando abierto soportar la aislación entre dos partes del circuito, en cualquier condición mantener la aislación hacia masa, y estando cerrado conducir corrientes normales permanentemente, y se sobrecargan y cortocircuitos por tiempos establecidos.

El seleccionador en principio solo se puede establecer e interrumpir corrientes despreciables, o con diferencias de potencial, despreciables entre sus extremos. Sus características son abiertas aislación entre contactos, en cualquier posición aislación a masa, cerrado conducción de corriente permanente, o sobre corrientes por tiempos definidos.

#### 1.2.1.3.2. *Interruptor*

El interruptor suma a las características ante enumeradas la capacidad de interrumpir corrientes de cualquier tipo y valor hasta las corrientes de cortocircuito máximas, y por cierto establecer estas corrientes.

Lógicamente la duración de los contactos del medio aislante, de las cámaras que contienen los fenómenos que se producen limitan la cantidad de maniobras que pueden hacerse en distintas

condiciones, sin mantenimiento (se produce desgaste de los contactos, de las cámaras, del medio de interrupción).

#### *1.2.1.3.3. Contactor*

Los contactores también tienen capacidad de interrumpir corrientes, pero no de cortocircuito, desde este punto de vista parecen interruptores de maniobra. Tienen capacidad de hacer una cantidad enorme de maniobras mecánicas, en el orden del millón mientras que los interruptores después de 1000 o diez mil maniobras requieren mantenimiento. Los contactores están concebidos para conectar y desconectar cargas, motores por ejemplo, y para realizar un gran número de maniobras sin mantenimiento, ya que su función es maniobrar (conectar y desconectar) cargas con frecuencia. Generalmente tienen una sola posición estable (abierto), y se mantienen cerrados por la acción de una Bobina excitada.

#### *1.2.1.4. Protecciones eléctricas*

El uso de protecciones es prioritario en el momento de salvaguardar la integridad de los distintos elementos eléctricos, existen varias formas de clasificarlo este tipo de protecciones que van desde protecciones de baja y media tensión hasta el tipo de protección.

##### *1.2.1.4.1. Fusibles cortocircuitos de baja tensión*

Los cortocircuitos fusibles son el medio más antiguo de protección de los circuitos eléctricos y se basan en la fusión por efecto de Joule de hilo o lámina intercalada en la línea como punto débil.

Los cortocircuitos fusibles o simplemente fusibles son de forma y tamaños muy diferentes según sea la intensidad para la que deben fundirse, la atención de los circuitos donde se emplean y el lugar donde se coloquen.

El conductor fusible tiene sección circular la corriente que controla es pequeña, o está formada por láminas si la corriente es grande. En ambos casos el material de que están formados es siempre un metal o aleación de bajo punto de fusión a base de plomo, estaño, zinc, etc.

Fundamentalmente encontraremos dos tipos de fusibles en las instalaciones de baja tensión.

Los fusibles de tipo gL, se utilizan en la protección de líneas, estando diseñadas su curva de fusión “intensidad \_ tiempo” para una respuesta lenta en las sobrecargas y rápida frente a los cortocircuitos.

Los fusibles de tipo aM, especialmente diseñados para la protección de motores, tienen una respuesta extremadamente lenta frente a las sobrecargas, y rápida frente a los cortocircuitos. Las

intensidades de hasta diez veces la nominal ( $10 I_n$ ) deben ser desconectadas por los aparatos de protección propios del moto, mientras que las intensidades superiores deberán ser interrumpidas por los fusibles Am.

#### 1.2.1.4.2. *Interruptores magnéticos*

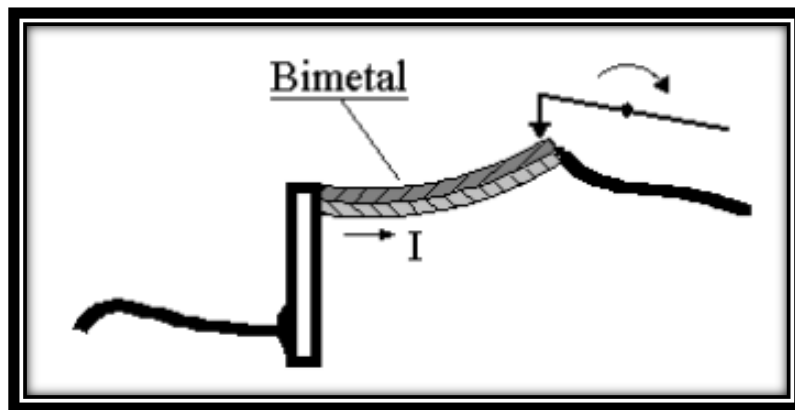
Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre-intensidades de alto valor, cortándolas en tiempos lo suficiente cortos como para no perjudicar ni a la red ni a los aparatos asociados a ella. Para iniciar la desconexión se sirve del movimiento de un núcleo de hierro dentro de un campo.

El diseño de estos dispositivos varía en forma y tamaños, con diferentes capacidades de amperaje.

#### 1.2.1.4.3. *Interruptores térmicos*

Son interruptores automáticos que reaccionan ante sobre-intensidades ligeramente superiores a la nominal, asegurando una desconexión en un tiempo lo suficientemente corto para no perjudicar ni a la red ni a los receptores asociados con él.

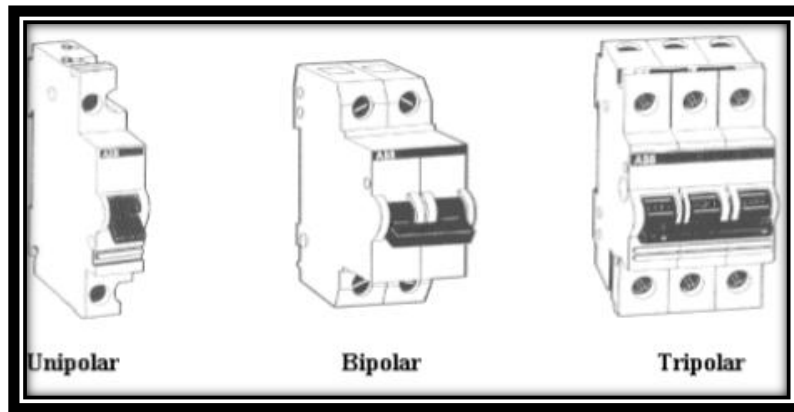
Para provocar la desconexión, aprovechan la deformación de una lámina bimetálica, que se curva en función del calor producido por la corriente al pasar a través de ella.



**Figura 2-2** Interruptor térmico  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 1.2.1.4.4. *Interruptores magneto – térmico*

Generalmente los interruptores automáticos combinan varios de los sistemas de protección descritos, en un solo aparato. Los más utilizados son los magneto—térmicos.



**Figura 3-3** Interruptor magneto térmico

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros.

#### 1.2.1.4.5. *Relés térmicos bimetálicos*

Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

Los bimetales están formados por la soldadura al vacío de dos láminas de materiales de muy diferentes coeficiente de dilatación (generalmente invar y ferroníquel). Al pasar la corriente eléctrica, los bimetales se calientan y se curvan, con un grado de curvatura que depende del valor de la corriente y del tiempo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

#### 1.2.1.4.6. *Interruptor automático de motor*

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección o que los interruptores magneto térmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

- Protección contra sobrecargas
- Protección contra cortocircuitos
- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- Señalización.

Este tipo de interruptores en combinación con un contacto, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección.

#### *1.2.1.4.7. Puesta a Tierra*

Se define como “Toma de Tierra” a la unión eléctrica de un motor con la masa terrestre. Esta unión se lleva a cabo mediante electrodos enterrados obteniendo con ello una toma de tierra cuya resistencia de “empalme” depende de varios factores, tales como: superficie de los electrodos enterrados, profundidad de enterramiento, clase de terreno, humedad y temperatura del terreno etc.

Por otra parte, llamaremos “Puesta a Tierra”, a la unión de determinadas partes de una instalación eléctrica, con la toma de tierra, permitiendo el paso a tierra de las corrientes de falta o las descargas atmosféricas.

Según la norma 039 MIBT correspondiente a puestas de tierra, se establecen la toma de tierra con el objeto de:

- Limitar la tensión que con respecto a tierra puedan presentar las masas metálicas en un momento dado.
- Asegurar la actuación de las protecciones.
- Eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material eléctrico utilizado.

La puesta a tierra como protección va siempre asociada a un dispositivo de corte automático, sensible a la intensidad de defecto, que origina la desconexión del circuito.

### **1.3. Sistemas mecánicos**

#### *1.3.1. Introducción*

Los sistemas mecánicos son aquellos sistemas constituidos fundamentalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica transformar o transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía.

Las características básicas de los sistemas mecánicos es decir que se presentan por elementos o piezas sólidas, con el objeto de realizar movimientos por acción o efecto de una fuerza. En ocasiones, puede asociarse con sistemas eléctricos y producir movimientos a partir de un motor accionado por la energía eléctrica.

Por lo general la mayoría de sistemas mecánicos son usualmente propulsados por motores eléctricos y se caracterizan por presentar elementos o piezas solidas con el objetivos de generar movimiento por la presencia de una fuerza, los sistemas mecánicos utilizan distintos elementos



relacionados para transmitir un movimiento, este movimiento puede ser circular o lineal. Los elementos que integran a los sistemas mecánicos pueden ser poleas, palancas, tornos entre otros.

La etapa de molido crea un ejemplo práctico de uso de sistemas mecánicos a razón de que el movimiento transmitido por un motor debe ser transmitido de alguna manera para que se produzca el movimiento en el molino y por consiguiente el grano sea molido para la generación de harina. Entre los elementos alternativos para integrar el motor y el molino se tiene los moto-reductores y poleas.

#### *1.3.1.1. Moto - reductores*

Según el autor del (Portal de Mantenimiento Industrial, 2012), aluden lo siguiente: Los reductores y los moto-reductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que se necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura.

Las ventajas de usar Reductores y/o Moto-reductores son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.
- Elemento seguro en todos los aspectos muy protegido.

Los moto-reductores están diseñados en su totalidad de engranajes acoplados al eje del motor permitiendo de esta manera modificar la velocidad o el sentido de giro de dicho motor. Dentro del mercado existe una gran variedad de moto-reductor y su uso va de mano de la necesidad de la persona y del trabajo para el cual se va a emplear. Entre las características principales que se toma en cuenta al momento de usar este tipo de elementos son los siguientes:

- Potencia, en HP, de entrada y de salida.
- Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
- Par (o torque), a la salida del mismo, en KG/m
- Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

#### *1.3.1.2. Sistema de poleas*

Para el autor (Costas Pablo, 2005), menciona lo siguiente: Normalmente, se encuentra formado parte de un sistema de poleas. Es necesario recordar que el sistema de poleas está formado por

dos elementos esenciales: la corona de una polea, que puede ser amplia y plana para una correa ancha, acanalada para una correa de sección en V o circular; y el cable correa o cadena que realiza la tracción.

La polea constituye un elemento estructural cuyas funciones principales son:

- Soportar las solicitaciones de la carga a elevar
- Alojarse el cable o correa
- Fijarse a la estructura.

Estos requerimientos básicos no son muy restrictivos en cuanto a la fabricación de la polea, es por ello que se encuentran gran cantidad de poleas diferentes. Se puede definir para las poleas dos conceptos fundamentales en cuanto a su montaje e instalación:

- Montaje del eje e instalación
- Montaje de los cables de tracción.

La primera acción que se lleva a cabo es el montaje de la polea su eje. En este sentido se puede encontrar dos situaciones concretas.

- **La polea debe girar libremente.** En este caso el método utilizado es muy sencillo y se basa normalmente en el uso de un elemento mecánico estandarizado, el rodamiento, que se instala entre la polea y el eje.
- **La polea lleva a cabo un proceso de arrastre de un eje o es arrastrado por el mismo.** Para estos procesos se realiza el montaje mediante el uso de las chavetas. Las chavetas son accesorios mecánicos utilizados para llevar cabo la unión de un eje de giro con otro elemento para poder transmitir entre ambas un par motriz.

## **1.4. Programación e interfaces**

### **1.4.1. Introducción**

La programación es el proceso de diseñar, codificar, depurar y mantener el código fuente de programas de computadora, ciertamente este código está escrito en un tipo de lenguaje de programación. El objetivo de la programación es concebir un programa que actúa a las necesidades y requerimientos de un sistema o un de un programador.

El proceso de crear un código o programa requiere de conocimientos que abarcan varias áreas y que no necesariamente está relacionado con el análisis y diseño de la aplicación. La programación está sujeta a reglas de programación y de uso de términos propios de un lenguaje de programación específico, una vez dominado el uso de un lenguaje de programación es sencilla la creación de algoritmos complejos o simples cabe recalcar que el algoritmo no es visible sin el uso de softwares específicos de programas.

Otro objetivo de un programa es que en el momento de su presentación frente a un operador se presente de forma amigable y de fácil uso, por este motivo se crean las interfaces que no es más que un medio de comunicación entre el operador y la máquina, computador u otro dispositivo. Una interfaz básica comprende elementos como menús, ventanas, botones, gráficos, sonidos entre otros.

#### *1.4.1.1. Programación*

Según, (Llanos Ferraris, 2007, pág. 1) en su libro titulado "Fundamentos de Informática y Programación en C" menciona que: La importancia de la informática como herramienta en la Ingeniería crece cada día más. Todos los campos de la Ingeniería utiliza ordenadores con diferentes fines: simuladores de todo tipo, control de procesos, programación de autómatas y robots, etc. Por eso desde hace dos décadas atrás las carreras de ingeniería cuentan con una asignatura de "Fundamentos de Informática"

- **Interfaces:** Para el Autor **Fuente especificada no válida.**, alude lo siguiente: Un Interface (interface) es un medio mediante el cual se pueden comunicar máquinas, equipos, puertos, usuarios, etc.
- **Software:** Entorno del usuario: aspecto y distribución de las aplicaciones, distribución de los menús, iconos, botones, etc. Y sus funciones.
- **Hardware:** comprende a todos los elementos físicos como PLC, HMI, botoneras, relés, etc.
- **Capas:** El conjunto de normas o protocolos que permiten comunicarse entre sí a las capas lógicas de red.

Entre las múltiples marcas y modelos de PLC, se opta por la marca Siemens, no solo por ser una marca reconocida a nivel mundial si no que integra su propia lenguaje de programación y además de ser un software ya conocido.

Siemens posee un gran variedad de modelos que van desde los más sencillos hasta equipos dedicados para fines específicos de trabajo, incluyendo en su repertorio módulos de expansión, acondicionadores para sensores, tarjetas de programación, etc.

#### *1.4.1.2. Lenguaje de programación (PLC-TÍA PORTAL v13, HMI-delta dopsoft)*

TIA PORTAL v13 se presenta como una herramienta líder dentro del mercado de automatización industrial, se muestra como clave para la optimización de procedimientos de planificación, procesos y maquinaria. Posee una interfaz intuitiva y de fácil uso para el usuario, incorporando funciones simples y complejas, además de su transferencia en el manejo de datos convierte este software en una herramienta útil y de fácil manejo.

TIA Porta combina los softwares SIMATIC STEP 7, SIMATIC WinCC y SINAMICS StarDrive convirtiéndola en una herramienta de ingeniería unificada, brindando resultados eficientes para el desarrollo de proyectos de automatización, reduciendo el tiempo de trabajo, costos y esfuerzo.

TIA PORTAL soporta varios tipos de controladores como s7-1500 y s7-1200, brindando la capacidad de soportar y trabajar con varios desarrolladores dentro de un mismo proyecto, obteniendo búsquedas de actualizaciones de forma automática.

Tras breves experiencias de los autores de esta tesis, en trabajos con HMI's la marca DELTA se muestra como una alternativa a uso de HMI's de la marca Siemens presentándose más flexible y accesible al momento de realizar la programación, la marca DELTA ofrece productos compatibles con la mayoría de PLC'S y con un menor costo dentro del mercado.

DOPSoft es una herramienta de programación de HMI'S de toda la gama de la marca DELTA, su interfaz de trabajo es por lo general grafica lo que hace que sea de fácil entendimiento y uso al momento de su programación, incorporando opciones de ejecución del programa en tiempo real y detención de errores en el direccionamiento de memorias para la comunicación con el PLC.

#### *1.4.1.3. Protocolos de comunicación industrial (ethernet)*

Para el autor (The Siemon Company , 2012), aluden que: Protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Ethernet se está afianzando en el sector industrial. Ordenadores personales, impresoras y demás equipos periféricos con tarjetas de interfaz de red Ethernet se están utilizando cada vez más en el ambiente industrial y la aceptación de Ethernet va en aumento, en la misma medida del uso creciente de enrutadores y conmutadores inteligentes.

Aún existen algunas barreras a la aceptación de Ethernet en el ambiente industrial, pero eso se debe a la falta de un nivel aceptable de softwares en las plantas y la falta de conocimiento acerca de la conectividad ofrecida por Ethernet en la automatización industrial.

Ethernet/IP es un protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial. Basado en los protocolos estándar TCP/IP, utiliza los ya bastante conocidos hardware y software Ethernet para establecer un nivel de protocolo para configurar, acceder y controlar dispositivos de automatización industrial. Ethernet/IP clasifica los nodos de acuerdo a los tipos de dispositivos preestablecidos, con sus actuaciones específicas. El protocolo de red Ethernet/IP está basado en el Protocolo de Control e Información (Control and Information Protocol - CIP) utilizado en DeviceNet™ y ControlNet™. Basados en esos protocolos, Ethernet/IP ofrece un sistema integrado completo, enterizo, desde la planta industrial hasta la red central de la empresa.

Ethernet/IP utiliza todos los protocolos del Ethernet tradicional, incluso el Protocolo de Control de Transmisión (TCP), el Protocolo Internet (IP) y las tecnologías de acceso mediático y señalización disponibles en todas las tarjetas de interfaz de red (NICs) Ethernet. Al basarse en los estándares tecnológicos Ethernet, el Ethernet/IP blasona la garantía de un cabal funcionamiento con todos los dispositivos del estándar Ethernet/IP utilizados en la actualidad. Y lo mejor es que al apoyarse en los estándares de esa plataforma tecnológica, el Ethernet/IP, con toda la seguridad, evolucionará de manos dadas con la evolución de la tecnología Ethernet.

#### *1.4.1.4. HMI – Interface-Hombre-Maquina*

El termino HMI ha sido acuñado en los últimos años para calificar una de las características más importantes de los sistemas de suspensión, control, diseño y simulación. El deseo de acercar el ordenador al hombre y de conseguir un mayor dialogo con los procesos de control ha fructificado en la aparición de entornos gráficos mediante sinópticos de las plantas y procesos.

Son los elementos que permiten el diálogo entre operario y la máquina. En la actualidad la mayoría de maquina complejas disponen de HMI de tipo electrónico, como pantallas táctiles y teclados alfanuméricos, pues ayudan a aumentar el control y la información obtenida, así como ahorrar costes y evitar averías, pues un panel lleno de pulsadores y cables tiene muchas más posibilidades de fallar por desgaste (Ortega, 2001, págs. 231,323).

El mercado actual brinda un sin número de modelos y marcas de HMI's variando en tamaños y costos, para este trabajo se ha estudiado la posibilidad entre dos marcas, Siemens y DELTA.

Siemens se muestra como una empresa confiable y con años de experiencia brindando productos de calidad en su trabajo, una ventaja es la compatibilidad y trabajo directo con el PLC

de la misma marca que se ha dispuesto para la programación de este trabajo de titulación, la desventaja es su alto costo dentro del mercado el cual se encuentra alrededor de los 600\$, siendo un costo muy elevado desde nuestro punto de vista.

La marca DELTA presenta las mismas características que Siemens además de brindar una interfaz a color lo que hace mucho más amigable para el usuario, otra ventaja es su valor dentro del mercado el cual ronda los 300\$, además este dispositivo tiene compatibilidad con PLC's de varias marcas el cual está incluido Siemens.

## **1.5. Secado de granos**

### **1.5.1. Introducción**

El secado de granos es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la caracterización más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento.

Por otro lado el secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta el nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioración.

Se plantea una definición del secado de grano, ya que es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla.

#### **1.5.1.1. Conceptos básicos**

Para el Autor (Centro Iberoamericano de Documentación e Información Agrícola, , 2008), alude lo siguiente.

El secado del grano se define como el método de adecuar los granos mediante la eliminación del agua hasta un nivel que prevenga el crecimiento de hongos y bacterias; de manera que conserve su aspecto y calidad nutricional como alimento; o su viabilidad como semilla.

Los métodos de secado que se emplean en el país para los granos básicos son diversos y están sujetos a las condiciones económicas de los agricultores y los sistemas de producción. Estos son: al natural en el campo, o en patios cementados o de tierra. Para el cultivo de maíz, el proceso de secamiento depende del sistema de siembra.

La otra etapa es la del almacenamiento del maíz después de la tapizca y destusado. Este es desgranado en forma manual o mecánica hasta obtener el grano, el cual algunos agricultores lo almacenan de inmediato; otros, le dan secamiento en patios cementados, carreteras, sobre lonas, sacos, láminas, mantas y plásticos; por un lapso de 1 a 3 días. Alcanzar el grado de secamiento óptimo, según criterio o experiencia del agricultor, éste es almacenado o vendido de inmediato.

#### *1.5.1.2. Tipos de secado (secado por lecho fluidizado)*

Para el autor (Food & Agriculture Org. , 2010, págs. 41-43), alude que: La semilla cosechada no debe contener excesiva humedad pues ésta ejerce una influencia decisiva sobre el almacenamiento. La semilla con un contenido de humedad demasiado alto se calentará y se deteriorará en el almacenamiento. Por esta razón hay que secar la cosecha inmediatamente después de la recogida (al sol, al viento o mediante un secador). El proceso de secado no debe ser excesivamente rápido, pues podría reducir la germinación o matar la semilla.

Sin el uso de equipos secadores especiales, el contenido de humedad requerido para un almacenamiento seguro alcanzará solamente en condiciones de cosecha extremadamente favorables. Si el contenido de humedad es demasiado alto, la semilla almacenada puede resultar dañada.

Hay que diferenciar el secado natural del secado artificial.

##### *1.5.1.2.1. Secado natural*

El material cosechado, trillado o sin trillar, se seca al sol y al viento, cuando la humedad relativa es baja. El desparramamiento y el acopio posterior de la cosecha requieren mucho tiempo y trabajo. Entre otras cosas, existe el riesgo de secarla demasiado rápido, de contaminación con polo y suciedad y de infestación por insectos.

##### *1.5.1.2.2. Secado artificial*

Hay que diferenciar entre secado por ventilación y secado por aire caliente.

- **Secado por Ventilación:** Se impulsa aire a la temperatura ambiente, a través de la semilla, que se almacena en suelos o contenedores ventilados. Este procedimiento sólo es efectivo cuando la humedad relativa del aire es baja.
- **Secado por Aire Caliente:** Se calienta el aire antes de impulsarlo a través de la semilla, lo cual reduce la humedad relativa de aquel, con el fin de eliminar más humedad. En los secadores de aire caliente, el proceso de secado puede completarse en un período de

tiempo más breve, hay que distinguir entre secadores por tandas y secadores de flujo continuo.

- **Secadores por Tandas.** Es un proceso más largo. El secado se efectúa mediante aire caliente impulsado a través de contenedores de la semilla almacenada. En el curso de varias horas, se quita el exceso de humedad. Luego de secada hay que enfriar la semilla hasta aproximadamente la temperatura exterior y mezclarla completamente.
- **Secadores de flujo continuo.** Es un proceso de secado más corto que el anterior. Se mueve lentamente la semilla humedad desde la tolva de acceso, a través de una zona de enfriamiento. Al final del proceso, la semilla posee el contenido de humedad deseado.

En el secado por aire caliente puede dañarse la semilla si la temperatura es demasiado alta, lo que conduce a reducir la germinación. Cuando más alto el contenido de humedad mayor es el riesgo.

#### *1.5.1.3. Temperaturas de secado de granos*

Como señala, (Ives, 2009, pág. 41), en su libro titulado "Manual de secado y Almacenamiento de secado de Granos": Los granos de alta calidad bien acondicionados no cambian su temperatura durante el periodo de almacenamiento, puede considerarse que no están sufriendo ningún deterioro serio. Las temperaturas estables en puestos seleccionados y bien distribuidos a través de la masa de granos ofrecen seguridad de que el grano se está preservando satisfactoriamente. El aumento de temperatura en cualquier lugar puede indicar el principio de dificultades.

Como afirma, (Dalpasquele, Marques Pereira, Sinicio, & Fiho, 2011, págs. 9,10), en su libro titulado "Secado de Granos a Alta Temperatura": La temperatura de secado es el parámetro de mayor flexibilidad en un sistema de secado altas temperaturas e influye significativamente en la tasa y la eficiencia de secado y en la calidad de producto final. El aumento de la temperatura significa un menor consumo de energía por unidad de agua evaporada y una mayor tasa de secado, en cambio pueden causar datos térmicos más acentuados en los granos.

Como señala, (Murillo, 2009, pág. 1), en su libro titulado "El Secado de los Granos": El secado es un proceso simple es "calentar un producto que contiene agua para que esta se evapore y desaparezca"; mientras más alta sea la temperatura más rápido desaparecerá la humedad, y para que el vapor desaparezca es necesario una corriente de aire que se la lleve. Los granos son seres



vivos compuestos por piel que los cubre, reserva de nutrientes un germen que controla sus actividades vitales. Si los granos es sometido a altas temperaturas pueden ocurrir las siguientes situaciones:

- Que la piel del grano se quemara o apolille.
- Que el grano se estalle y quiebre
- Que el germen se muera
- Que las proteínas y vitaminas pierdan su valor alimenticio
- Que los aceites cambien de color o se pierdan
- Que los almidones se descompongan.

#### *1.5.1.3.1. Secado de arveja*

El secado del grano debe hacerse a la sombra y el grano debe tener una humedad de alrededor del 13% y ser almacenados en lugares secos frescos y ventilados. (INIAP, 2008, pág. 105).

#### *1.5.1.3.2. Secado de frijol*

De acuerdo a, (Araya , Martinez, Lopez, & Murillo , 2013, págs. 14,16), en su libro titulado "Protocolo para el Manejo Pos-cosecha de la Semilla de Frijol"

Existen tres tipos de secado:

**1.- Secado en el campo:** En el caso de que se realice el secado en el campo las plantas no deben permanecer más de una semana debido a que la calidad disminuye con el transcurso del tiempo. La tasa de deterioro depende de la humedad, temperatura y del tiempo en que permanecen almacenadas.

**2.- El secado al sol:** Se lo realiza en una lona sobre concreto o asfalto, formando una capa de 10cm de grosos, se los debe remover cada dos horas con el fin de evitar el calentamiento excesivo de las mismas hasta que alcancen el 13% de humedad. No debe sobrepasar los 40°C por lo que es necesario utilizar un termómetro para medir de preferencia cada dos horas la temperatura y removerla cuando supere los 40°C para su secado uniforme.

**3.- Secado artificial:** En este caso solo es recomendable utilizar secadoras con control regulador de temperatura, el proceso de secado debe de ser lento, con temperaturas máximas de 35°C. De esta manera se evita el calor excesivo y la salida muy rápida del agua, lo cual produce daños en el embrión.

#### *1.5.1.3.3. Secado de cebada*

De acuerdo a, (Williams & Gracey , 2010, pág. 75), en su libro titulado "Mantenimiento y Funcionamiento de Silos"

El secado es el proceso de eliminar el exceso de humedad y preparar el grano para el almacenamiento y la venta. La humedad se puede eliminar con una corriente de aire seco que se impulsa a través del grano. Los de los hongos de los hongos a los granos son severo cuando la humedad es mayor a 70%. A pesar de que los hongos atacan con cualquier humedad, pero los ataques no son significativos en temperaturas menores de 16°C. Por lo que la eliminación del exceso de calor y de agua es de extrema importancia para el almacenamiento de los granos.

#### *1.5.1.3.4. Secado de trigo*

Como afirma, (Valderrama, 2008, pág. 44), en su libro titulado "Información Tecnológica"

La humedad recomendada para cosechar el trigo en el campo es entre 12 y 13% h si el proceso se hace en condiciones de alta humedad es necesario el secado artificial de los granos con aire caliente. Si el secado es aplicado sin un control debido de temperatura provoca cambios en su calidad. Estos cambios suceden sin alteración visual del grano, afectando básicamente las propiedades físicas de las masas con la consecuente reducción en su calidad industrial. La sensibilidad del trigo a altas temperaturas de secado está asociada con el proceso de desnaturalización de las proteínas del gluten y como es sabido, las características del gluten determinan la calidad industrial del trigo.

#### *1.5.1.3.5. Secado de maíz*

De acuerdo a, (Granados, Lafitte, & Violic, 2008, pág. 316), en su libro titulado "El Maíz en los Trópicos Mejoramiento y Producción": El maíz se recoge del campo con el 20-25% de humedad, mismo que es excesivamente alto para un almacenamiento correcto. Para reducir la humedad se puede usar el secado natural solar o secado artificial en cualquiera de los dos casos de secado se debe saber a qué momento se debe detener el secado. Para un almacenamiento hermético es decir seguro des entre el 8-4% de humedad.

### **1.6. Tostado de granos**

#### *1.6.1. Introducción*

El procedimiento para tostar consiste en la exposición de un alimento a la acción del calor para que lentamente se caliente por dentro y que en su exterior se dore pero sin quemarse. La técnica se usa para extraer la humedad de ciertos alimentos tostados en una plancha, horno o sartén obteniendo un alimento crujiente o algo duro.

### *1.6.1.1. Conceptos básicos*

Como señala, (Moreno M., 2010, pág. 10), en su publicación titulada "Proceso de Fabricación de Sucedáneos del Pan": El proceso de tostado es un tratamiento térmico que se utiliza, no solo para mejorar las características organolépticas del alimento sino aumentar su digestibilidad entre otras cosas; puesto que mediante el calor, la configuración de las proteínas se altera, haciéndolas más digeribles; pero a su vez hay pérdidas considerables de algunos aminoácidos, por lo que se debe tener especial cuidado cuando se somete a algún tratamiento térmico.

### *1.6.1.2. Tipos de tostado*

Existen proceso de tueste rudimentario: es el tueste casero se lo realiza en tiestos de barro en pailas de metal de preferencia de hacer.

### *1.6.1.3. Temperaturas para el tostado de los granos*

#### *1.6.1.3.1. Arveja*

El grano de arveja durante el proceso de tostado alcanza una temperatura de 100°C el tiempo que se demora para que pueda alcanzar el cien por ciento del tostado está en 50 minutos, en este tiempo ay a esta temperatura se obtiene un grano apto para ser molino y con las características necesaria.

#### *1.6.1.3.2. Frijol*

“El tratamiento por calor no solo mejora sus propiedades físicas y organolépticas, sino que también aumenta la utilización biológica de sus proteínas. La cocción destruye ciertos factores tóxicos presentes en el frijol crudo”. (Arias, 2006, pág. 17)

#### *1.6.1.3.3. Cebada*

De acuerdo a, (Moreno M., 2010, pág. 28), en su publicación titulada "Proceso de Fabricación de Sucedáneos del Pan": La cebada se tuesta en tiesto de barro o en una paila de metal de preferencia debe de ser de acero, para esto se debe de utilizar porciones de granos dependiendo del tamaño del tostador, se cuece a fuego en temperaturas que fluctúan de 100 a 160°C y el tiempo de cocción se realizara hasta que el grano tienda a reventase.

De acuerdo a, (Lozada Típan Luis Carlos, 2009), alude que: Consiste en tostar la cebada por medio del calor. El grano de cebada al momento de ser tostado experimenta cambios físicos y químicos debido a la transferencia de calor.

#### Físicos

- A 100°C, el grano pierde humedad y peso, pasa de color amarilla claro a marrón y posteriormente al dorado.
- A 180°C, produce una ruptura de la superficie más intensa. Los granos se hinchan y se rompen.

#### Químicos

- Reduce el agua
- Descomposición y volatilidad de varios componentes químicos de los cuales está constituido el grano.
- Reducción del azúcar

#### 1.6.1.3.4. *Maíz*

De acuerdo a, (Moreno M., 2010, pág. 13), en su publicación titulada "Proceso de Fabricación de Sucedáneos del Pan"

El maíz se tuesta en tiesto de barro o en una paila de metal de preferencia debe de ser de acero, para esto se debe de utilizar porciones de granos dependiendo del tamaño del tostador, se cuece a fuego en temperaturas que fluctúan de 100 a 160°C y el tiempo de cocción se realizara hasta que el grano tienda a reventar similar a una palomita de maíz.

#### 1.6.1.3.5. *Trigo*

El grano de trigo durante el proceso de tostado experimenta cambios en sus propiedades, todo esto debido a la transferencia de calor.

Algunos de estos cambios son:

- A 100°C, el grano pierde humedad y peso, pasa de color amarilla claro a marrón y posteriormente al dorado.
- A 180°C, produce una ruptura de la superficie más intensa. Los granos de trigo tienden a hinchase para posteriormente llegar a romperse.
- Se reduce la cantidad de agua

Estos datos están relacionados con los valores de la cebada puesto que sus características son muy similares

## **1.7. Molido de granos**

### **1.7.1. Introducción**

La molienda de granos consiste en la producción de harina a partir del endospermo de, los granos de cereal. En la mayoría de los cereales incluido los de maíz, se elimina primero la cubierta de la semilla antes de transformarla en harina. La molienda puede efectuarse mediante la trituración manual en un Monter, haciendo pasar el grano entre dos piedras o utilizando molinos de martillos, de placas o de rodillos mecánicos

#### **1.7.1.1. Conceptos básicos**

De acuerdo a, (Moreno M., 2010), en su publicación titulada "Proceso de Fabricación de Sucedáneos del Pan": "La molienda tiene como finalidad básica la obtención de harina a partir de los granos, para la fabricación de sucedáneos. Se a la molienda por medio de un molino que permite triturar el grano y obtener harina, luego se pasa por una serie de tamices que van separando las diferentes calidades de harinas" es así que la molienda de consiste en la destrucción del grano, respetando la cascara o envoltura y provocando la pulverización de la harina.

"La siguiente etapa del tostado es la obtención de la harina moliendo el grano y tamizando la harina para luego ser adecuadamente envasada para su uso en sucedáneos del pan". (Moreno M., 2010, pág. 13)

#### **1.7.1.2. Harinas**

"Harina producto resultante de la molienda de uno o varios cereales o de algunos vegetales. En el caso de los cereales, la pérdida del salvado y el germen de grano en la molienda, se suele compensar con el enriquecimiento de la harina con vitaminas". (Cartay, 2009, pág. 131)

Existen varios tipos de harinas como la harina enriquecida, harina acondicionada, harina integral entre otras más. La elaboración de harinas consiste en someter a los granos a deshidratación, tostado y posteriormente al molido. Una vez obtenido la harina este está dispuesto para el consumo humano.

Para la elaboración de harina se toma en cuenta ciertos aspectos de orden tecnológico y nutricional, económico, cultural y social, tales como:

- **Materia prima:** en lo posible el producto debe ser local, esto a razón que al ser importado, incrementa un costo final del producto.

- Evaluación de calidad: se han creado métodos para la evaluación de la calidad de la harina, estas comprenden procedimientos de orden tecnológico, nutricional, toxicológico y sanitario.
- Procesamiento y comercialización: para el sistema de producción se establecen procedimientos con respecto a la disponibilidad y características de la materia prima y con respecto a la comercialización se centra en la forma de presentación, precio, envase, distribución y propaganda.

## CAPITULO II

### 2. MARCO METODOLOGICO

#### INTRODUCCIÓN

En este capítulo se detalla la metodología que se utilizó para la realización del proceso de automatización, para que el funcionamiento de la maquinaria sea el adecuado, en los que consta el diseño del sistema automático, componentes para la implementación de las etapas de secado, tostado y molido de granos, diseño del tablero de control, componentes del tablero de control, cálculos de los elementos de protección, programación del PLC, programación de la HMI, transferencia del programa desde el computador hacia la HMI.

Todos los procedimientos que se realizó para la implementación del nuevo sistema son detallados a continuación en este capítulo.

#### *2.1. Diseño e implementación de un sistema automático*

Un sistema automático es el conjunto de procesos secuenciales que se ejecutan de manera autónoma, y la automatización industrial consta de un conjunto de elementos eléctricos, electrónicos, mecánicos, neumáticos e hidráulicos, estos elementos al colaborar en conjunto desarrollan trabajos únicos, y que fácilmente pueden ser manipulados o controlados por un solo individuo. La automatización industrial permite controlar y ejecutar un proceso de manera eficiente con un número mínimo de personal.

Un sistema complejo de producción requiere de un sistema de control eficiente, y el diseño e implementación de nuestro sistema esta detallado en cada ítem de este capítulo el cual al final formara un solo equipo de producción, este equipo será entregado en perfectas condiciones con los requerimientos exigidos y con los resultados planteados en nuestros objetivos.

#### *2.1.1. Diseño de un sistema automático (hardware)*

Para esta sección nuestro punto de partido son los requerimientos solicitados para dar inicio con el diseño e implementación del tablero de control que en si es el cerebro y controlador de las acciones que realizara nuestro sistema.

Previo a la automatización del secador se realizó una evaluación de las condiciones físicas del equipo y de cada uno de sus elementos que lo componen, de esta manera reconociendo y

estableciendo puntos de cambios y mejoras que sufrirá el equipo, además de realizar un estudio previo en diseño para la incorporación de las dos nuevas etapas de tostado y molido.

#### 2.1.1.1. *Planos eléctricos y electrónicos*

El diseño de planos es parte fundamental para el desarrollo de nuestro sistema de control y potencia, ya que con estos diseños se describen gráficamente todas las conexiones que corresponden realizar, en este se detalla cada elemento que integra nuestro circuito de manera global.

Estos diseños se lo realizaron con anterioridad a la ejecución de lo que corresponde el tablero de control y la parte de potencia, esto se debe a que es muy importante el dimensionamiento de los elementos principales o secundarios.

Esta parte es fundamental debido a que en un futuro el equipo requiera de mantenimiento, los planos se encuentran debidamente descrito en el *ANEXO C*.

#### 2.1.1.2. *Diseño de tablero de control*

Para el diseño e implementación de nuestro tablero de control previamente se realizó los diagramas eléctricos, por medio de estos y el uso de normas de montaje de tableros de control se continuó con la identificación de las funciones que debe realizar la máquina.

El modo de funcionamiento de la maquina antes y luego de la automatización, así como los elementos que componen a la máquina ver *figura 1-2*, se detalla en el *ANEXO G*.



**Figura 4-2** Elementos del Tablero de control  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.



En el dimensionamiento de los elementos de control, protección y fuerza se ha tomado en cuenta la potencia de consumo por los elementos que conforman la parte de potencia tales como una niquelina industrial, una ventolera, motor monofásico, motor de plumas entre otros, de esta manera se ha calculado la intensidad de cada uno de ellos, y se ha elegido los respectivos elementos de protección.

A continuación se detalla el cálculo de cada uno de estos elementos que integran el sistema de producción de harina.

**2.1.3. Motor de ½ HP**

El motor de ½ hp constituye la parte fundamental en la etapa de molido, ya que este es el encargado de proporcionar el movimiento mecánico para el molido del grano. El motor se alimenta con 110 VAC o 220 VAC dependiendo de la conexión interna que se realice, basadas en experiencias previas de los autores de este trabajo en manejo de tableros se ha visto como mejor opción la de alimentar a todo el tablero con 110 VAC, ver *Figura 2-2*.



**Figura 2-5** Motor ½ HP.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

**2.1.3.1. Datos técnicos de motor**

**Tabla 2-2** Datos técnicos del motor

<b>DATOS DE PLACA DEL MOTOR</b>		
<b>MEDIDA</b>	<b>VALOR</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>POTENCIA</b>	372.5	Watts
<b>VOLTAJE</b>	110/220	Volts
<b>AMPERAJE</b>	8.40	Amperes

<b>FRECUENCIA</b>	60	Hz
<b>REVOLUCIÓN</b>	1720	rpm

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 2.1.3.2. *Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor:*

Utilizando los datos técnicos del motor se puede fácilmente conocer la corriente utilizada por el motor, y tomando en cuenta el catálogo de contactores eléctricos de la serie LS, ver **ANEXO D**, se ha dispuesto colocar un contactor de 9 amperes, debido a que es el que más se acerca a las necesidades del equipo y que se encuentra disponible en el mercado.

Además se ha integrado un guarda-motor para protección de la integridad del motor en caso de sobre-corriente y para ello se realizó el siguiente cálculo.

$$I_{max} = I * 1.25$$

#### **Ecuación 3.**

Se reemplaza los valores conocidos y se procede con el cálculo obteniendo lo siguiente

$$I_{max} = 8.40 * 1.25$$

$$I_{max} = 10.5 \text{ Amperes}$$

Utilizando el catálogo de interruptores y contactores en baja tensión en la sección de relé térmico MT, ver **ANEXO F**, recomienda utilizar un guardamotor de 10 Amperes

#### 2.1.4. *Niquelina industrial*

La niquelina constituye una parte esencial en la etapa de tostado, así como el motor de plumas de automóvil, se ha tomado en cuenta varios modelos de niquelinas y se ha escogido uno de tipo W, esto por su forma y su eficiencia en procesos relacionados al tostado de granos, ver **Figura 3-2**.



**Figura 6-2** Niquelina industrial tipo W.

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.4.1. *Datos técnicos niquelina*

**Tabla 3-2** Datos técnicos de la niquelina

<b>DATOS TÉCNICOS NIQUELINA</b>		
		<b>UNIDADES</b>
<b>POTENCIA</b>	2000	Watts
<b>VOLTAJE</b>	110/220	Volts

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.4.2. *Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor*

Para el cálculo de la corriente se procede a utilizar la ecuación 4.

$$P = V I$$

**Ecuación 4.**

De la formula anterior se despeja la variable correspondiente a la intensidad.

$$I = \frac{P}{V}$$

**Ecuación 5.**

Se reemplaza los datos conocidos y se obtienen lo siguiente.

$$I = \frac{2000 \text{ W}}{110 \text{ V}}$$

$$I = 18.18 \text{ A}$$

El cálculo realizado nos indica que debemos utilizar un contactor de 18 amperes, y el contactor que más se acerca a este resultado es de 22 Amperes que es el que está disponible en el mercado ver **ANEXO D**.

2.1.4.3. *Calculo de corriente máxima para el dimensionamiento del breaker.*

$$I_{max} = 18.18 * 1.25$$

$$I_{max} = 22.72 \text{ Amperes}$$

El breaker de protección de la niquelina debe soportar una corriente de 23 amperes aproximadamente y de acuerdo con lo que existe dentro del mercado, ver **ANEXO E**, se optado por insertar un breaker de 25 Amperes

2.1.5. *Calefactor eléctrico*

Enfatizando con el cambio de la matriz energética en el país la cual entrara en su funcionamiento en una fase de funcionamiento completo en el año 2017, se ha decidido el uso de calefactores eléctricos para el secado y cambiar el método de secado mediante la generación de gas caliente generado por GLP (gas licuado de petróleo), por uno más eficiente que es el uso de un calefactor eléctrico que además de ser económico es muy común encontrarlo en el mercado, ver **Figura 4-2**.



**Figura 7-2** Calefactor eléctrico.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.5.1. *Datos técnicos calefactor*

**Tabla 4-3** Datos técnicos del calefactor

DATOS TECNICOS NIQUELINA		
		UNIDADES
POTENCIA	1500	Watts

<b>VOLTAJE</b>	110	Volts
----------------	-----	-------

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.5.2. *Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor:*

$$I = \frac{1500 W}{110 V}$$

$$I = 13.63 A$$

El cálculo realizado nos indica que debemos utilizar un contactor de 14 amperes aproximadamente y el contactor que más se acerca a este resultado es de 18 Amperes, el cual se encuentra disponible en el mercado, ver **ANEXO D**.

2.1.5.3. *Calculo de corriente máxima*

$$I_{max} = I * 1.25$$

$$I_{max} = 13.63 * 1.25$$

$$I_{max} = 17.04 \text{ Amperes}$$

El breaker de seguridad del calefactor debe soportar una corriente de 17 amperes aproximadamente y de acuerdo con lo que existe dentro del mercado, ver **ANEXO E**, se ha optado por insertar un breaker de 20 Amperes.

2.1.6. **Ventolera**

El objetivo de la ventolera dentro de nuestro sistema es la de transmitir el calor producido por el calefactor hacia el silo o cámara de secado, con el objetivo de que este gas caliente se mezcle con el grano y realice el proceso de deshidratación, ver **Figura 5-2**.



**Figura 8-2** Ventolera eléctrica de 4''  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.6.1. *Datos técnicos ventolera*

**Tabla 5-2** Datos técnicos de ventolera

DATOS TECNICOS VENTOLERA		
		UNIDADES
POTENCIA	550	Watts
VOLTAJE	110	Volts
CORRIENTE	5	Amperes
FRECUENCIA	60	Hz

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.6.2. *Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor:*

Según la placa técnica de nuestra ventolera el equipo consume 5 amperes, el contactor que se ha encontrado en el mercado es de 9 Amperes, ver **ANEXO D**.

2.1.6.3. *Calculo de corriente máxima*

$$I_{max} = 5 * 1.25$$

$$I_{max} = 6.25 \text{ Amperes}$$

El breaker de protección de la ventolera debe soportar una corriente de 6 amperes aproximadamente y de acuerdo con lo que existe dentro del mercado se ha optado por insertar un breaker de 10 Amperes, ver **ANEXO E**.

2.1.7. *Soplador de hojas*

El objetivo de este equipo es la de impulsar el grano a través de un conducto para que este llegue a la tolva del molino, se ha utilizado un soplador de hojas, ver **Figura 6-2**, puesto que la potencia y la fuerza de impulso de aire es fundamental para que el grano logre recorrer la travesía del tostador hasta la tolva del molino.



**Figura 9-2** Soplador de hojas

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.7.1. *Datos técnicos del soplador de hojas*

**Tabla 6-2** Datos técnicos del soplador

DATOS TECNICOS SOPLADOR		
		UNIDADES
POTENCIA	400	Watts
VOLTAJE	110	Volts

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

2.1.7.2. *Calculo de corriente para dimensionamiento del contactor:*

$$I = \frac{400 W}{110 V}$$

$$I = 3.63 A$$

El cálculo realizado nos indica que debemos utilizar un contactor de 4 amperes aproximadamente y el contactor que más se acerca a este resultado es de 9 Amperes, ver **ANEXO D**.

2.1.7.3. *Calculo de corriente máxima*

$$I_{max} = 3.63 * 1.25$$

$$I_{max} = 4.54 \text{ Amperes}$$

El breaker de seguridad de la ventolera debe soportar una corriente de 5 amperes aproximadamente y de acuerdo con lo que existe dentro del mercado se ha insertado un breaker de 5 Amperes, el cual está disponible en el mercado, ver **ANEXO E**.

2.1.8. *Motor de plumas*

El motor de plumas, ver **Figura 7-2**, juega un papel importante dentro de la etapa de tostado, este elemento cumple dos funciones siendo el primero la de mezclar los granos evitando que estos se quemem por el contacto del recipiente y la niquelina, haciendo que el grano se tueste de manera uniforme, y su segunda función es la de evacuar el grano del recipiente hacia la siguiente etapa, una vez que haya finalizado el proceso de tostado.



**Figura 10-2** Motor de plumas de Automóvil  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 2.1.8.1. *Datos técnicos motor de plumas*

- Voltaje = 12 VDC

El motor de plumas es uno de elementos muy utilizados para proyectos en los que se requiere un movimiento rotario lento pero con gran fuerza, al ser un elemento de uso común en automóviles la alimentación es baja y para alimentar este dispositivo se ha usado una fuente adicional de computador que se activara una señal de salida de PLC y que a la vez pasara por un relé que activara dicho motor.

#### 2.2. *Dispositivos de control y sensores*

Como dispositivos de control para este trabajo se ha visto la necesidad de utilizar elementos básicos como botones, luces, piloto, selectoras, a parte de estos elementos ya mencionados no se ha requerido de más elementos, puesto que la mayoría de órdenes la recibirá o serán ingresadas por una HMI.

La conservación de la composición del grano y sus beneficios es primordial en este tema de tesis por ello la temperatura juega un rol importante al momento del secado, y para ello se ha dispuesto de un único sensor de temperatura dentro del silo en la etapa de secado del grano para el control de temperatura.

##### 2.2.1. *Botones*

Los botones, ver **Figura 8-2**, incorporados en la maquina cumplen varias funciones. “I0.0” cumple la función de inicio general del sistema. “I0.6” realiza la función de reset del sistema en caso de haber algún mal ingreso de datos en la HMI. “I0.1” este botón cumple la función de



paro de emergencia, este botón es de importancia para el paro del equipo sin importar en qué etapa o que proceso se esté ejecutando en ese momento.



**Figura 11-2** Botones  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.2.2. *Selector*

La incorporación de este selector, ver **Figura 9-2**, permite al usuario trabajar de manera manual o automático. La entrada “I0.2” tiene la opción de control manual, esta opción permite al usuario controlar de forma independiente cada elemento (calefactor, motores, niquelina, ventolera, soplador) que constituye las diferentes etapas del sistema. La entrada “I0.3” nos da la alternativa de que el sistema funcione de manera autónoma.



**Figura 12-2** Selector  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.2.3. *Luces de señalización*

Las luces piloto, ver **Figura 10-2**, trabajan como indicadores en el funcionamiento de la máquina, la luz de color verde indica el inicio y correcto funcionamiento de la máquina en todas sus etapas, y por último el color rojo es un indicador de paro del sistema o activación del botón de paro de emergencia que debe ser desbloqueado.



**Figura 13-2** Luces de señalización  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

**2.2.4. Sensor de humedad y temperatura**

Se trata de un transmisor AQ3010Y, ver **Figura 11-2**, que posee dos sensores en un mismo equipo uno de temperatura y uno de humedad, ambos pre calibrados proyecta los valores de cada variable en una pantalla led incorporado en la estructura.

Este sensor se conecta directamente al PLC el cual receptara la temperatura medida por el sensor y realizara el respectivo control para el cual está programado el PLC.



**Figura 14-2** Sensor de Humedad y Temperatura  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

**2.2.4.1. Datos técnicos sensor**

**Tabla 7-2** Datos técnicos del sensor

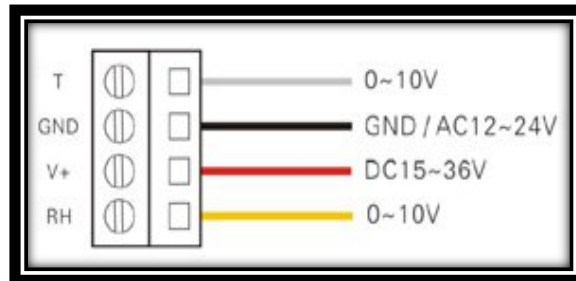
<b>DATOS TÉCNICOS DEL SENSOR</b>	
Alimentación	12 – 36 VDC

Sensor de humedad	capacitivo
Rango de medición	0-95 %HR
Precisión de humedad	+ - 2 %HR
Sensor de temperature	DSI8B20
Rango de temperatura seleccionable	-20 a 80 C
Precisión de temperature	+ - 0.3 a 25 C

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 2.2.4.2. *Distribución de los cables*

La distribución de los cables del sensor de humedad/temperatura se aprecia en la siguiente figura, ver **Figura 12-2**.



**Figura 15-2** Distribución de los cables

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.3. *Sistema hardware para el control*

Para la manipulación de las distintas señales en el tablero es necesario diseñar el sistema hardware de control que consta de una fuente de alimentación para el PLC, la Unidad Lógica Programable utilizado es un modelo SIEMENS S7 1200 1212C AC/DC/RLY, debido a sus salidas de 24 VDC se ha colocado relés para la activación de los distintos elementos que conforman la parte del circuito de fuerza para la activación y desactivación de los contactores.

#### 2.3.1. *Fuente de alimentación*

La fuente de alimentación que alimenta al sensor y los relés proviene de la marca DELTA, ver **Figura 13-2**, que ofrece una tensión de salida nominal de 24 VDC/ 60 W, con una corriente máxima de 2.5 A, se alimenta de 110 VAC.



**Figura 16-2** Fuente de Alimentación  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.3.2. *PLC (Controlador Lógico Programable)*

Se trata de un controlador SIEMENS S7 1200 1212C AC/DC/RLY, ver **Figura 14-2**, cuyas características se acoplan perfectamente para tareas de control y regulación, este dispositivo combina el máximo efecto de automatización con el mínimo costo, posee un diseño escalable y flexible además posee una interfaz industrial Ethernet integrada para programación, conexión periférica, conexión HMI y comunicación CPU-CPU.

Este PLC cuenta con una fuente de 24 VDC, sus entradas y salidas digitales soportan un voltaje de 24 VDC y posee dos entradas analógicas lo que convierte este PLC en una unidad perfecta para nuestra labor.



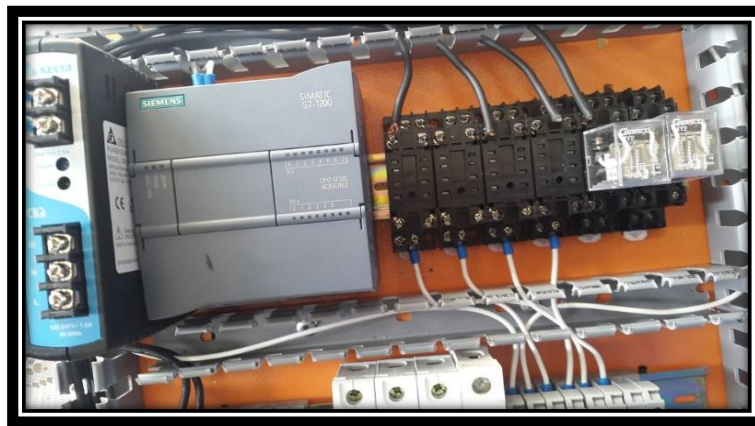
**Figura 17-2** PLC (Controlador Lógico Programable)  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

## 2.4. *Montaje de tablero de control*

En el montaje del tablero se tomó en consideración varias normas de las cuales resalta la importancia de separar los elementos en tres secciones: sección de control, sección de protección y sección de potencia.

### 2.4.1. *Sección de control*

La sección de control se compone por todos los elementos electrónicos y fuentes de energía como PLC's, fuentes, relés entre otros elementos pasivos, ver *Figura 15-2*.



**Figura 18-2** Sección de Control  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.4.2. *Sección de protección*

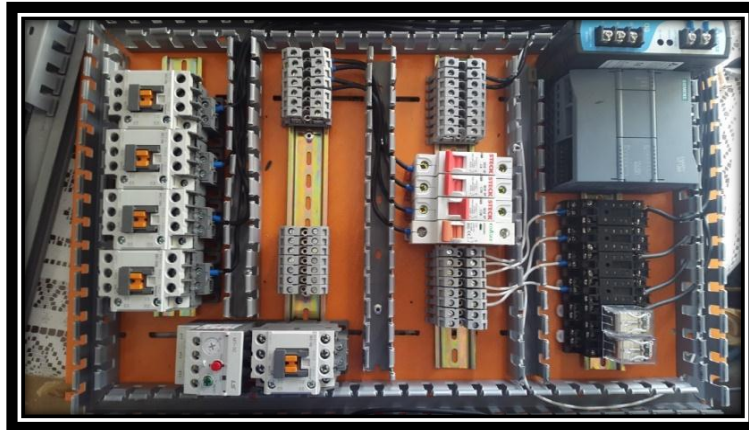
En esta parte se encuentran los dispositivos que van a salvaguardar los elementos de sobretensiones o sobre corrientes, ver *Figura 16-2*.



**Figura 19-2** Sección de Protección  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.4.3. *Sección de fuerza*

Esta parte contiene los elementos que entra en contacto directamente con los elementos actuadores, ver *Figura 17-2*.



**Figura 20-2** Sección de Fuerza  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.5. *Calculo de breaker general*

Para terminar la parte de protección se ha instalado un interruptor general o disyuntor , el mismo que servirá de protección para todo el sistema eléctrico y electrónico en caso que exista una sobre corriente excesiva y perjudicial para la integridad los distintos elementos que constituyen el tablero de control y de los actuadores.

Para el cálculo del disyuntor se suman todas las cargas conectadas a la red eléctrica donde se obtiene lo siguiente:

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

#### **Ecuación 6.**

Corriente total consumido por el sistema.

$$I_t = 61.05 \text{ Amperes}$$

Para determinar el valor del disyuntor es necesario multiplicar el valor calculado de la corriente total por un 25% esto como medida de reserva, teniendo lo siguiente:

$$I_d = I_t * ( 1 + 25\% )$$

#### **Ecuación 7.**

Calculo de valor del disyuntor.

$$I_t = 61.05 * 1.25$$

$$I_t = 76.31 \text{ Amperes}$$

Con este resultado final se ve la necesidad de colocar un disyuntor de 75 Amperes, se elige de este rango puesto que es el más cercano al consumo de todo sistema. Todos estos elementos entre otros forman parte del diseño e implementación de la caja de control a lo que se refiere a la parte de hardware que una vez que estén conectados debidamente y usando como guía los diseños eléctricos y electrónicos previamente realizados cumplirán cada una de las funciones que serán designadas mediante el software realizado.

## **2.6. *Diseño del sistema automático***

Para la programación se utilizaron varias técnicas y programas, los cuales nos permitieron resolver de la mejor manera la automatización de nuestro sistema, en esta sección se detalla de la mejor manera como se resolvió cada uno de las contrariedades encontradas en la resolución del software hasta la obtener una programa optimo y eficaz que cubra todas las necesidades planteadas al inicio.

## **2.7. *Programación del PLC***

Para la programación del PLC se ha utilizado el software STEP 7 que es propio de la marca siemens. STEP 7 es un programa entendible por la CPU, misma que se encarga de ejecutar cada una de las instrucciones que fueron programadas según el funcionamiento deseado.

El PLC es el dispositivo encargado de manejar y controlar la máquina, el acceso a las entradas y salidas del dispositivo se realiza a través de direcciones, que a la vez controlan cada una de las variables del sistema.

Los programas realizados en STEP 7 siguen procesos de:

- Creación de nuevos proyectos
- Configuración de hardware
- Creación, depuración y transferencia de los programas a la CPU
- Diseño y solución en tareas de automatización

## 2.8. *Diseño de solución para la tarea de automatización*

Para empezar con el diseño de automatización se realizó un análisis detallado las diversas variables a intervenir en nuestro sistema y como se desea que estos sean ejecutados al momento de que la maquina entre en funcionamiento.

Nuestro sistema se basa en un proceso de tres etapas que son de secado, tostado y molido cada uno de las etapas trabajan de forma independiente y continua dependiendo la selección y necesidad del operador, esto nos permite desarrollar la automatización de cada etapa por separado y realizar las respectivas pruebas de validación del equipo y material.

Secuencia de funcionamiento.

1. Selección en modo automático y botón start de secuencia
  - 1.1. Ingreso de modo de funcionamiento automático en HMI
  - 1.2. Selección de grano a procesar
  - 1.3. Se inicia la etapa de secado
  - 1.4. Se enciende calefactor y ventolera
  - 1.5. El proceso de secado dura por un tiempo dependiendo el tipo de grano
  - 1.6. Unos minutos antes del término del proceso de secado se activa niquelina
  - 1.7. Se espera confirmación para continuar con la siguiente etapa
  - 1.8. Enviado la confirmación empieza la etapa de tostado
  - 1.9. Se enciende mezclador y trabaja junto con la niquelina
  - 1.10. La niquelina se apaga minutos antes de terminar el proceso de tostado
  - 1.11. Se espera confirmación para continuar con la siguiente etapa
  - 1.12. Enviado la confirmación empieza la etapa de molido con el encendido del soplador de hojas
  - 1.13. Minutos después se apaga el mezclador y se enciende el motor se molido
  - 1.14. Pasa otro tiempo y el soplador de hojas se apaga y el proceso de molido continua para el transporte de grano hacia la tolva del molino.
  - 1.15. Termina el proceso de molido y se apaga todo el equipo
  - 1.16. Una vez terminado todo el proceso se continua con un reset del equipo
2. Selección en modo manual y botón inicio
  - 2.1. Ingreso de modo de funcionamiento manual en HMI
  - 2.2. Selección del equipo a encender (calefactor, ventolera, mezclador, etc...)
  - 2.3. Una vez terminado el proceso se resetea el equipo
3. Para en caso de error de ingreso de dato se presiona botón de para de emergencia
4. Se retira el enclavamiento del botón de paro y se continua con un reset de equipo



## **2.9. Creación del programa en software STEP 7**

Se arranca el administrador SIMATIC que permite acceder al software de programación STEP 7, y a continuación se realiza las configuraciones necesarias. El administrador de SIMATIC es la interface de acceso a la configuración y programación de PLC's de la marca Siemens, este permite:

- La creación de proyectos
- La configuración y parametrización de hardware
- Configuración de redes hardware
- Programación por bloques
- Constatar la funcionalidad de los programas
- Trabajos offline y online

El proyecto creado permite al usuario almacenar de manera ordenada los datos y programas indispensables para la labor de automatización. Estos datos comprender principalmente.

- Los datos para configurar el hardware y la parametrización módulos en caso de existir
- Los datos necesarios para la configuración de la comunicación por red
- Los programas para los módulos programables

El proyecto debe estar estructurado de tal manera que se nos permita colocar de manera ordenada todos los datos y funciones necesarios durante la programación.

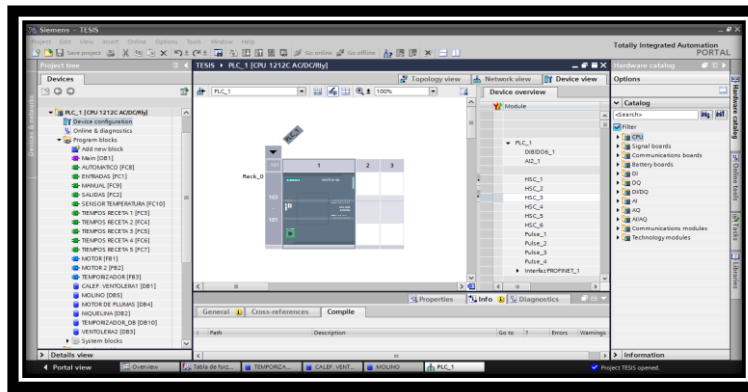
STEP 7 da espacio a tres tipos de lenguaje para la programación, que son:

- FUP.- diagrama de funciones
- AWL.- lista de instrucciones
- KOP.- diagrama de contactos

Todos estos permiten desarrollar las mismas líneas de programación, el uso de cada uno de ellos depende del tipo de función a realizar.

### **2.9.1. Configuración del hardware necesario**

Con la revisión previa del funcionamiento de la máquina, se prosiguió a determinar los elementos hardware dentro del esquema de programación, esto nos permitirá el control óptimo del o los procesos.



**Figura 21-2** Configuración del hardware necesario  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

El PLC conforma nuestro principal componente por el hecho de que es el que gobierna las funciones que debe llevar a cabo el sistema a través del programa principal. El modelo utilizado es un PLC SIMATIC S7 1200 AC/DC/RELAY, este controlador tiene las siguientes características:

- Modelos modulares y compactos perfectos para pequeños sistemas de automatización.
- Fuente de alimentación integrada
- PROFINET integrado
- E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas
- Comunicación para paneles HMI o a una CPU diferente
- Instalación sencilla y cómoda

Se ha determinado el uso de ocho variables de entradas y las seis salidas digitales además de una entrada analógica para el control del todo el sistema por el cual se ha visto incensario el uso de módulos de expansión.

Se ha procedido con la configuración del hardware permitiendo así elegir las direcciones de los elementos, esta asignación se lo realiza virtualmente, modificando los parámetros de entrada y salida, de igual manera se configuro las redes de comunicación que se tiene, ver **Figura 18-2**.

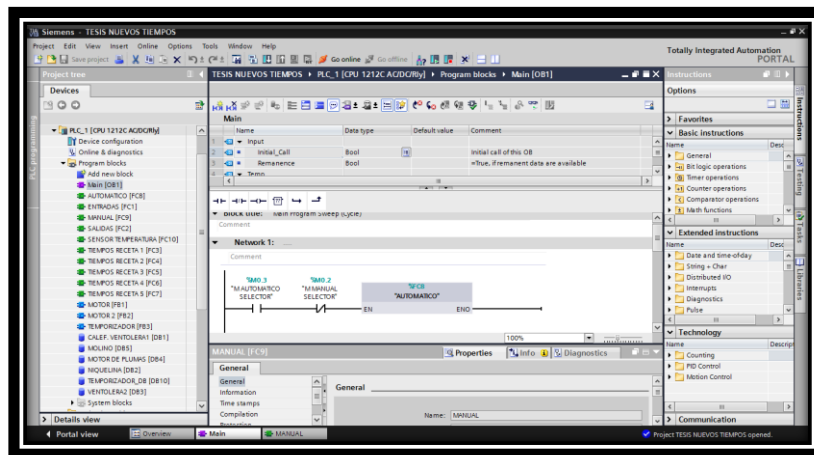
## **2.10. Creación del programa**

Una vez concluido de configurar los parámetros antes mencionados se continúa con la creación del programa. Se ha optado por utilizar como lenguaje de programación el LADDER ya que los diagramas de contactos son muy utilizados y es familiar para todo programador además de ser de fácil manipulación al momento de realizar un mantenimiento.

También se utilizó una programación basada en bloques de funciones y base de datos ya que estas estructuras facilitan de cierta manera el manejo ordenado y de acceso repetitivo durante la ejecución del programa.

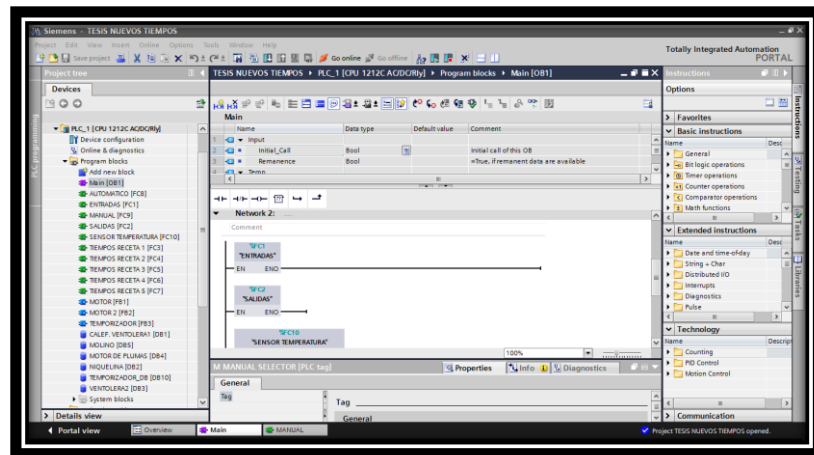
El programa principal se divide en tres partes:

Modo automático.- el cual se encuentra en le network 1 del código fuente, ver **Figura 19-2**.



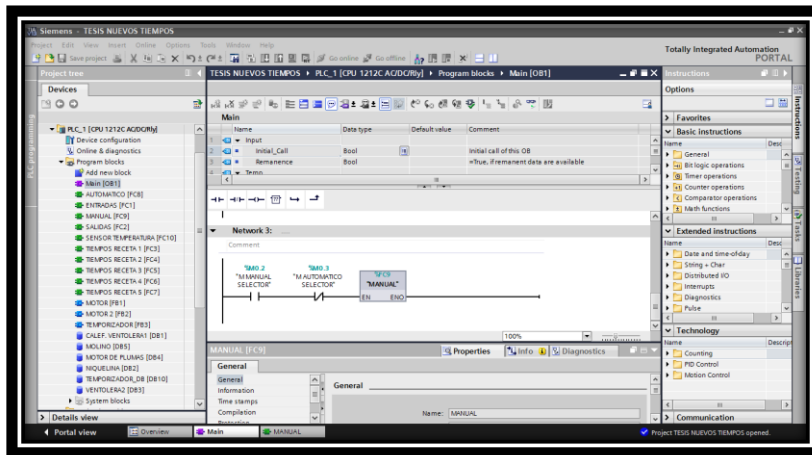
**Figura 22-2** Ladder modo automático  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Entradas y salidas.- se encuentra en network 2, ver **Figura 20-2**.



**Figura 23-2** Ladder de entradas y salidas  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

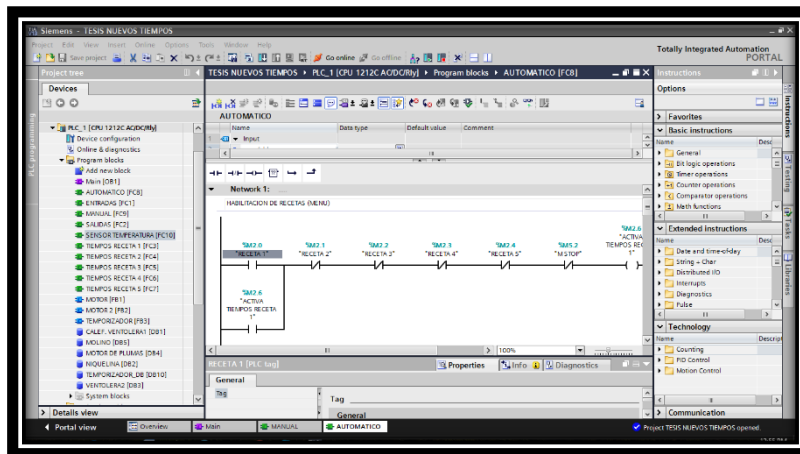
Modo manual.- este se encuentra en la network 3, ver **Figura 21-2**.



**Figura 24-2** Ladder modo manual  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

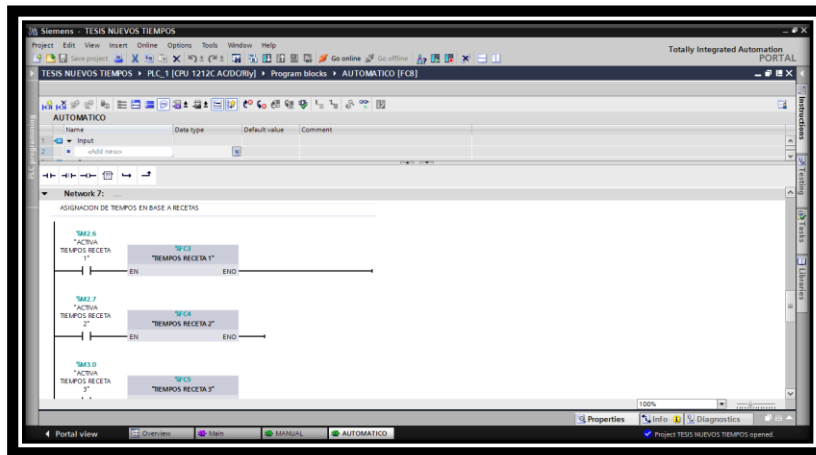
### 2.10.1. Modo automático

El modo automático está constituido por 25 network's, en donde propusimos la creación de las recetas que contendrán nuestros procesos, el cual consta de 5 recetas claramente definidas, como se observa a continuación, ver **Figura 22-2**.



**Figura 25-2** Ladder de recetas  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016

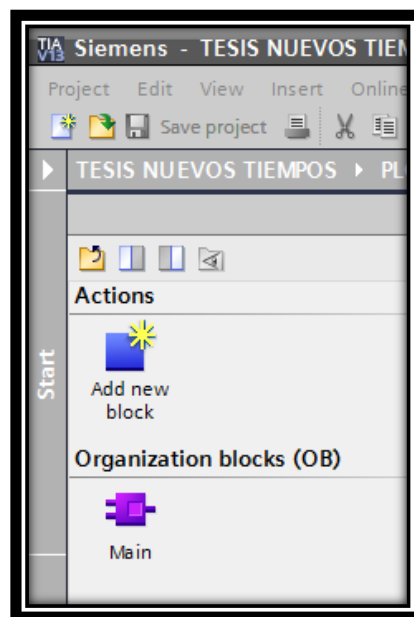
Para la asignación de tiempos que demoran las recetas en ejecutar cada uno de sus procesos se ha visto conveniente la necesidad de crear el siguiente ladder el cual cumple nuestros requerimientos para la ejecución de procesos, **Figura 23-2**.



**Figura 26-2** Ladder de asignación de tiempos  
**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016

A partir del network número 9 del programa se realizó la creación de las secuencias que tiene que realizar, dichas secuencias las hemos detallado anteriormente en la sección de secuencia de funcionamiento de este capítulo.

Por consiguiente, en el modo automático se ejecutara las secuencias que se han programado para este bloque que se encuentra dentro del organizador de bloques (OB).



**Figura 27-2** Organizador de bloques (OB)  
**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Funciones (FC).- los FC generan resultados que no se tienen que almacenar, dentro de la automatización se los uso en la lógica general del programa para poder llamar FB con sus respectivos DB y en el desarrollo del grafcet, permitiendo los modos de funcionamiento tanto manual y automático.

Dentro del bloque de funciones FC tenemos las siguientes las cuales se detallan más adelante

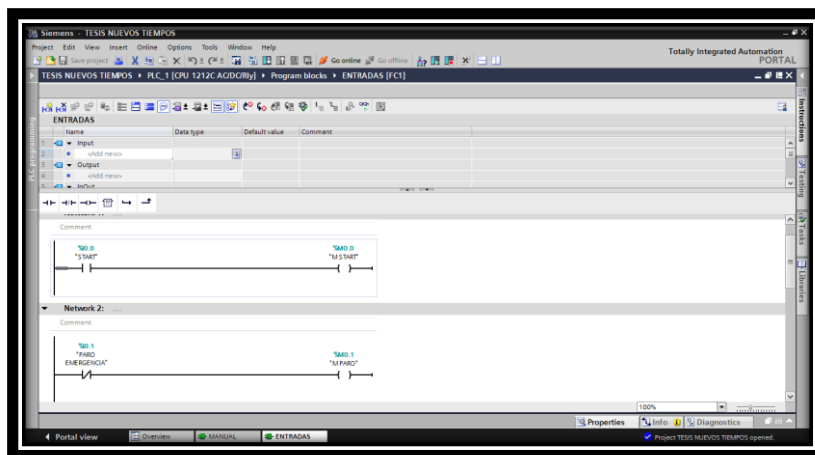


**Figura 28-2** Funciones FC

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.10.2. Entradas

Las entradas que nosotros hemos considerado para nuestro proyecto tienen que ver con los requerimientos que el proceso de producción de harina necesita para llegar al producto final el cual está apto para el consumo.



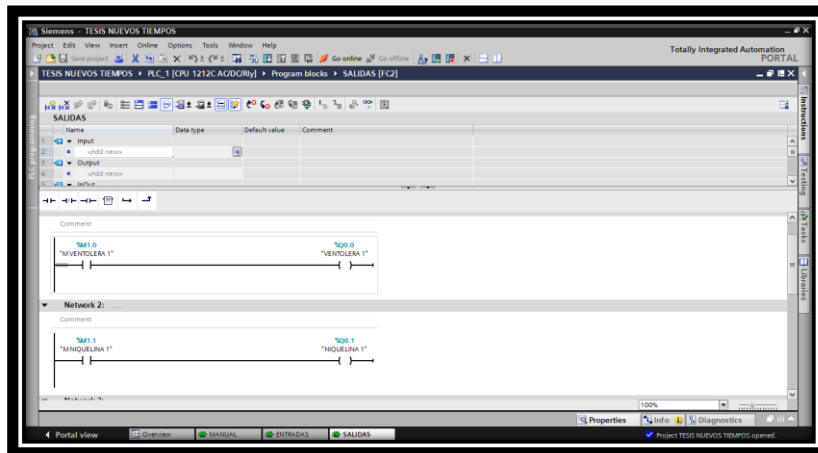
**Figura 29-2** Entradas

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Las entradas utilizadas se las detalla en el **ANEXO H**.

### 2.10.3. Salidas

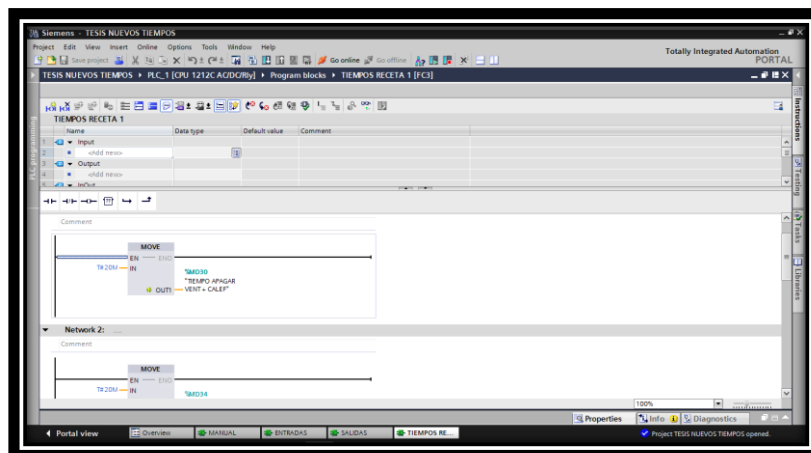
Las salidas que nosotros hemos considerado para nuestro proyecto tienen que ver con los requerimientos que el proceso de producción de harina necesita para llegar al producto final el cual está apto para el consumo.



**Figura 30-2** Salidas  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Las entradas utilizadas se las detalla en el **ANEXO H**.

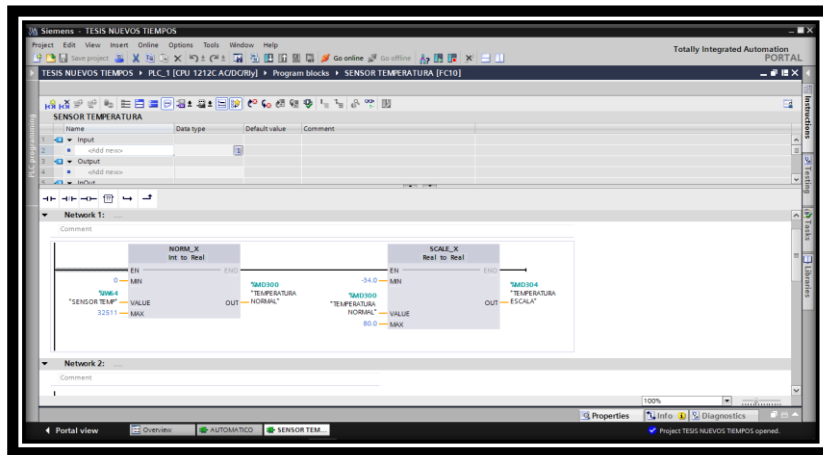
En el graficet de tiempos de recetas se encuentra la asignación de todos los tiempos de activación de cada uno de los actuadores que intervienen en la maquinaria.



**Figura 31-2** Asignación de tiempos a las recetas  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 2.10.4. **Sensor**

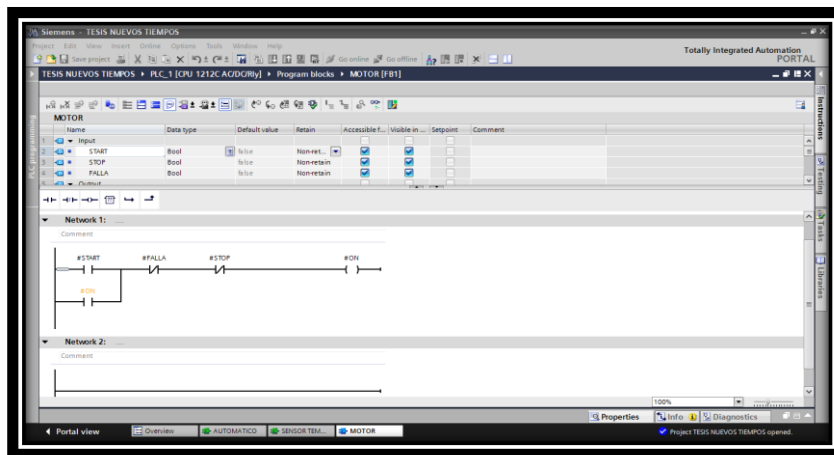
Dentro de este graficet se encuentra la calibración y programación para que nuestro sensor pueda obtener los datos que son generados por el secador de granos los datos son enviados a nuestro PLC en donde una de la condiciones de funcionamiento es que si la temperatura supera a los sesenta grados centígrados envíe una señal para que el proceso se detenga y de por finalizado el proceso.



**Figura 32-2 Ladder de sensor**  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.10.5. Bloques de Funciones (FB)

Por otro lado FB son similares a los FC, pero con características extras, no solamente realizan lo que un FC sino que además se los utilizo para almacenar calores ya que tienen asociados bases de datos. Son adecuados para el manejo de motores, ya que se pudo juntar similares funcionalidades bajo el mismo FB usando un DB para cada uno de ellos.



**Figura 33-2 Bloques de funciones (FB)**  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

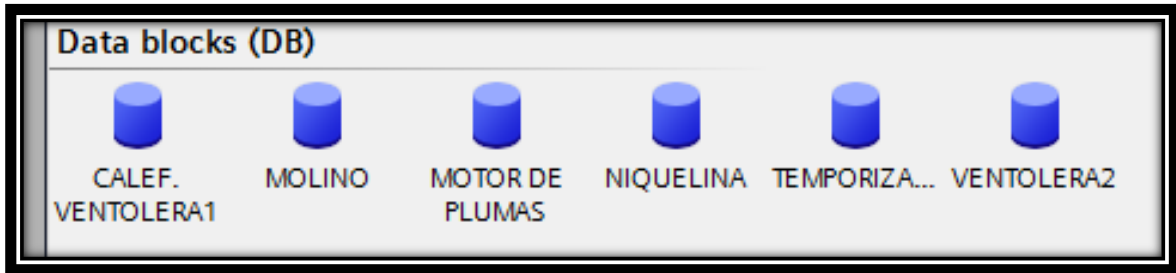
### 2.10.6. Base de datos (DB)

Las bases de datos nos sirven para el almacenamiento y manipulación de los datos, como por ejemplo el valor de estado de los actuadores. Estos pueden ser de dos tipos:

- Globales.- Los DB globales pueden ser accedidos desde cualquier parte del programa como un OB, FC o un FB.



- De instancia.- Los DB de instancia están asociados a los FB y almacenan los valores de las variables estáticas usadas en los FB.



**Figura 34-2** Bloque de base de datos (DB)

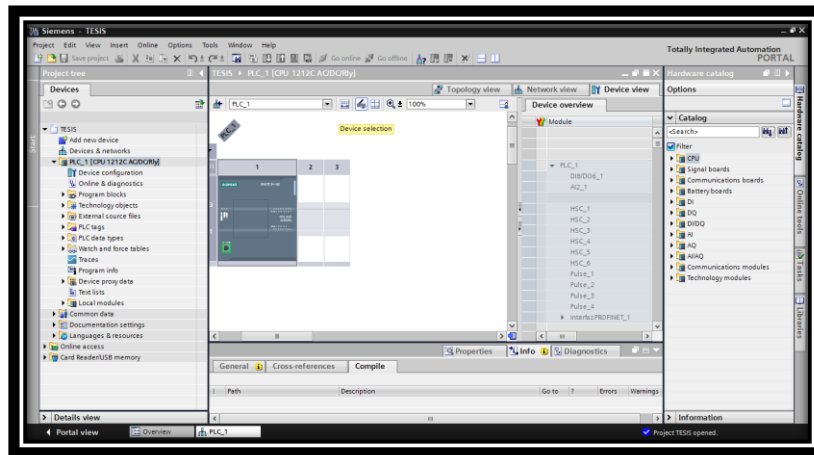
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.11. *Depuración y transferencia del programa a la CPU*

Para la correcta transferencia del programa se siguió los siguientes pasos:

- Alimentar el PLC
- Seleccionar el modo STOP en el PLC
- Con la ayuda del software Step 7 se realiza un borrado integro de la CPU
- Abrir el administrador SIMATIC y situarse en el proyecto TESIS
- Abrir las ventanas “Offline” y “Online”
- Seleccionar la carpeta bloques en la ventana “Offline” y a continuación cargar el programa en la CPU eligiendo en el menú Sistema de destino >>Cargar
- Confirmar con aceptar y en la ventana “Online” se podrá visualizar los bloques que se han trasferido a la CPU
- En el PLC se regresa al modo RUN
- La CPU esta lista para correr el programa cargado
- Podremos confirmar que el programa se transfirió de manera correcta al ver que en el PLC se enciende el LED de color verde
- En caso de haber sucedido algún error en la transferencia del programa un LED de color rojo nos avisara
- Para corregir este error se deberá realizar un diagnóstico tanto de la parte de hardware como en la misma estructura del programa

Seguir cada uno de estos pasos asegura que el programa sea transferido y se ejecute correctamente, ver *Figura 32-2*.



**Figura 35-2** Depuración y Transferencia del Programa a la CPU  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

## 2.12. Programación HMI

El sistema HMI representa un interfaz entre el operador y el proceso pero cabe aclarar que el PLC es quien posee el control sobre todos los procesos.

La programación del HMI se lo realiza mediante el software DOPSoft que es propio de la marca DELTA, este software permite trabajar con equipos incluido Delta, Omron, Siemens, Mitsubishi, etc. Después del término de alguna edición de programa, este puede ser simulado en el PC en tiempo real, como se lo puede apreciar en la **Figura 33-2**.



**Figura 36-2** Programación HMI  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

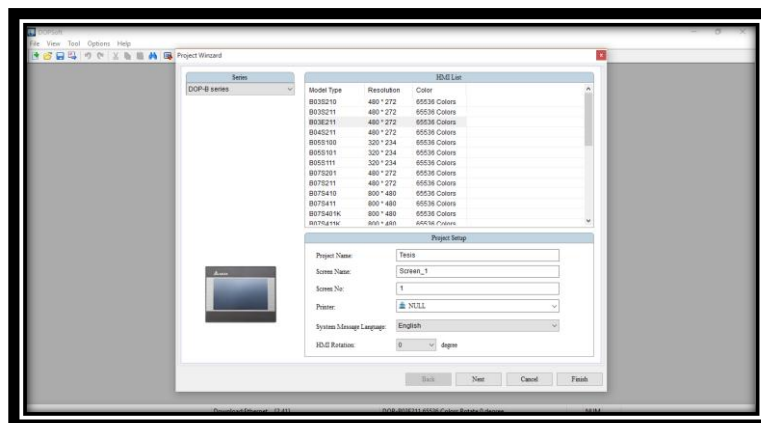
La creación de la interfaz se inicia con la creación de un nuevo proyecto en DOPSoft, ver **Figura 34-2**.



**Figura 37-2** Proyecto en DOPSoft.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.12.1. *Pantalla de inicio del programa*

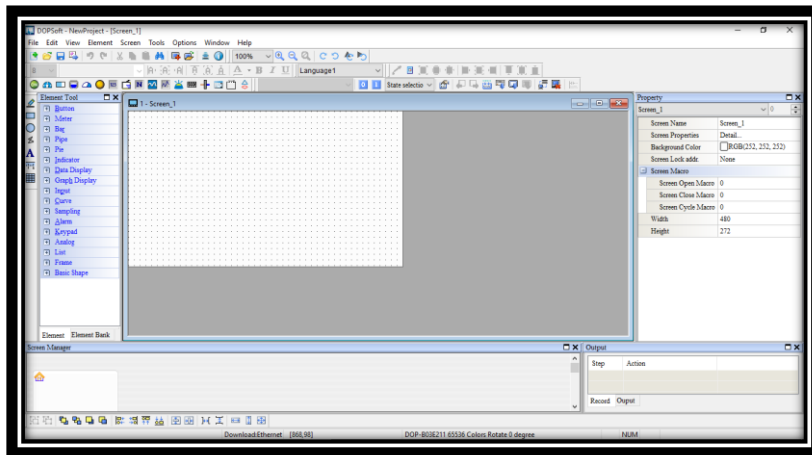
Por consiguiente aparecerá una ventana con una lista de modelos de HMI, ver **Figura 35-2**.



**Figura 38-2** Pantalla de Inicio del programa  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.12.2. *Selección de modelo de HMI*

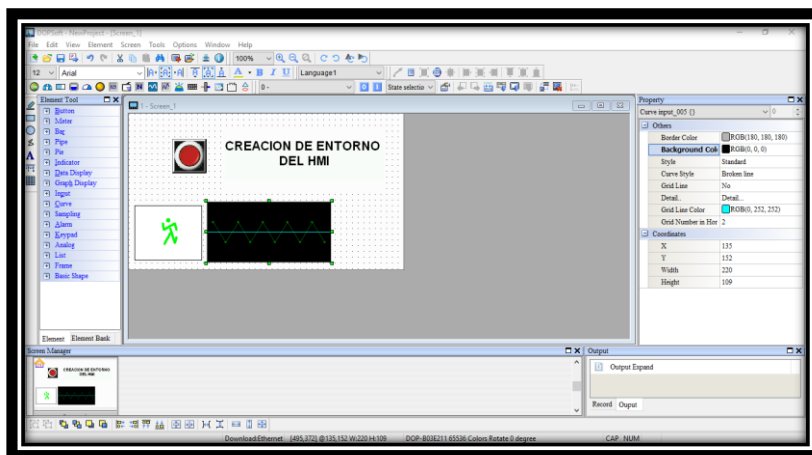
A continuación se mostrara una pantalla en blanco, ver **Figura 36-2**, el tamaño de la pantalla de trabajo varía según el modelo del HMI con el que se pretende trabajar



**Figura 39-2** Selección de Modelo de HMI  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.12.3. Ventana de trabajo

En esta ventana nos da la libertad de colocar botones, textos, imágenes, indicadores, luces, alarmas, etc, ver *Figura 37-2*.



**Figura 40-2** Ventana de Trabajo  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Para el desarrollo de la interfaz, se deberá crear tantas ventanas como crea necesario para la distribución y ordenamiento de las diversas funciones de la HMI, ver *Figura 38-2*.



**Figura 41-2** Funciones de la HMI  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.13. *Desarrollo de interfaz*

La interfaz creada por los autores de esta tesis contiene nueve ventanas de trabajo de las cuales están incluidas la presentación de inicio, ventana de trabajo tanto manual como automático, ventana de ayuda e información y por ultimo créditos del trabajo.

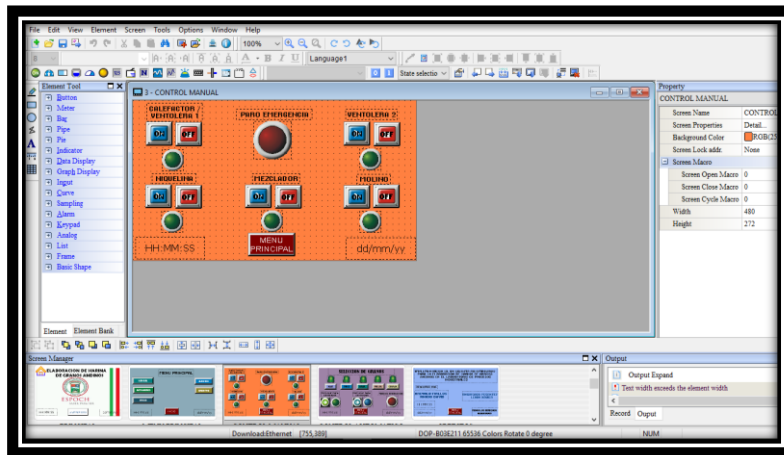
Anteriormente se menciona sobre una simulación en tiempo real que nos muestra el área de trabajo, ver *Figura 39-2*.



**Figura 42-2** Desarrollo de Interfaz  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 2.13.1. *Pantalla de inicio*

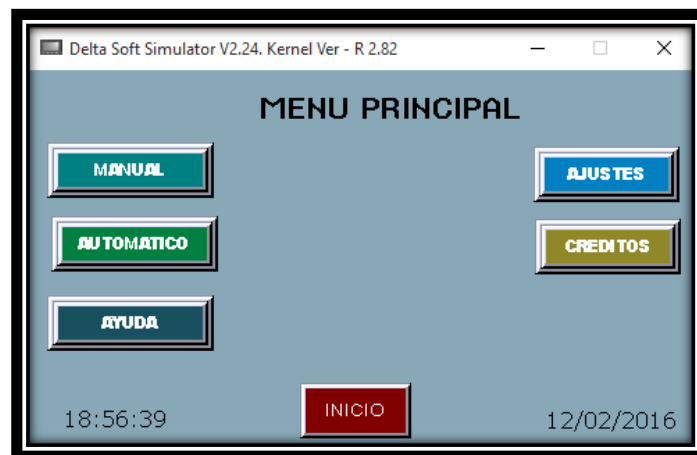
Dentro del área de trabajo se ha habilitado botones, señales luminosas, textos, gráficos, etc, todo esto con el objetivo de que sea entendible y de fácil manejo para el operador, como se aprecia en la *Figura 40-2*.



**Figura 43-2** Pantalla de Inicio  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.13.2. Área de trabajo

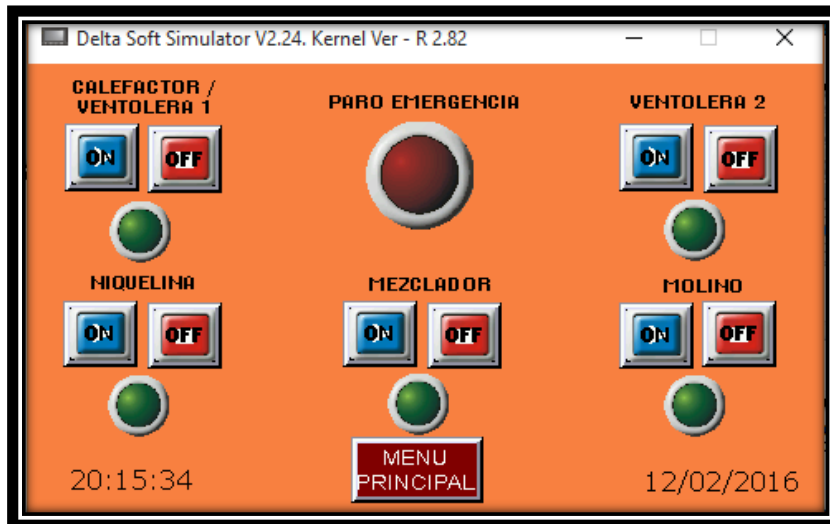
El menú principal cuenta con las opciones de trabajo manual/ automático, ajustes para el HMI y una ventana de ayuda e información sobre la máquina y sus procesos, como se aprecia en la *Figura 41-2*.



**Figura 44-2** Área de trabajo  
 Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.13.3. Menú principal

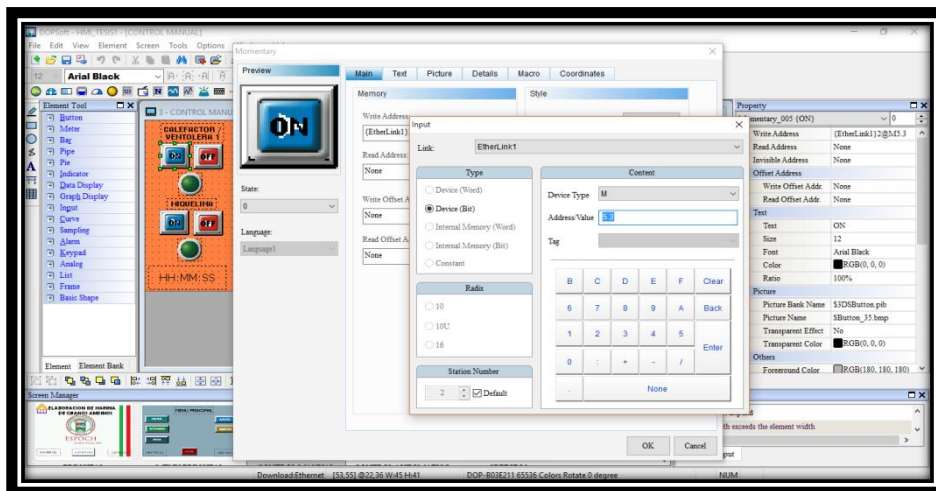
Al acceder a la parte de mando manual se tiene las opciones para el manejo de los distintos elementos que conformar las etapas de manera independiente, como se aprecia en la siguiente *Figura 42-2*.



**Figura 45-2** Menú principal  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

## 2.14. Ajustes del HMI

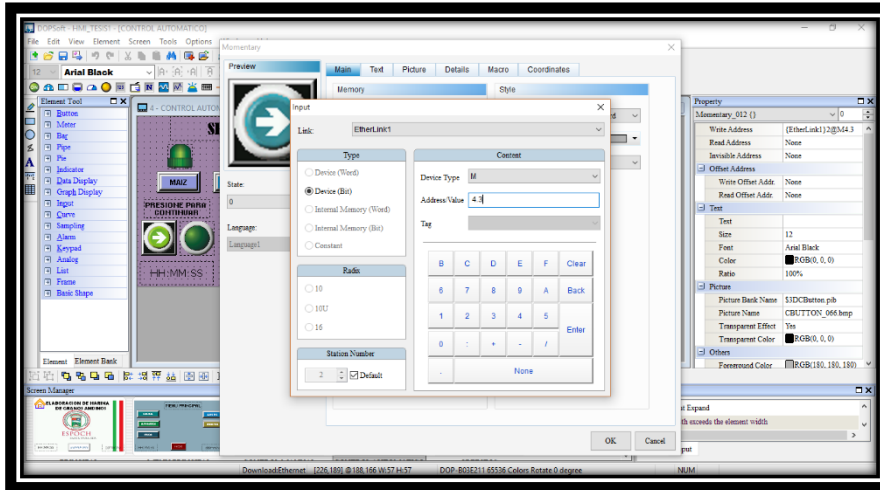
Una vez terminado con el entorno se continúa con la asignación de memorias/direcciones de acuerdo con las memorias y direcciones de entradas y salidas asignadas en el PLC, ver **Figura 43-2**.



**Figura 43-2** Ajustes del HMI  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.14.1. Asignación de memorias/ direcciones

La asignación de memorias y direcciones corresponde al lugar donde se almacenan los bits que indicaran al PLC que botones o que luces han sido cambiado de estado, ver **Figura 44-2**.



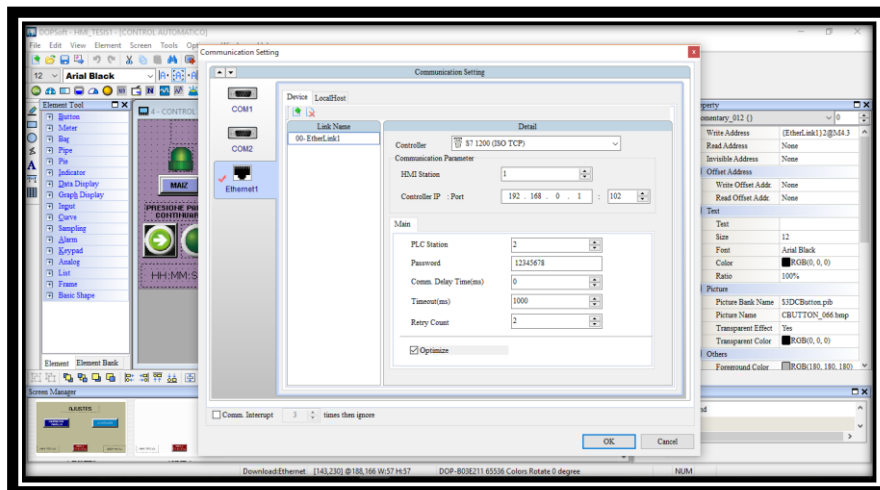
**Figura 44-2** Asignación de memorias/ direcciones  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Al finalizar se realiza una recopilación del programa en busca de errores y se continúa con la transportación de programa al HMI.

### 2.15. Vinculación HMI DELTA y PLC Siemens

La vinculación entre estos dos elementos es un proceso sencillo y rápido y se detalla a continuación.

En la barra de herramientas nos dirigimos a Options >>Communication Setting, luego de esto se nos abrirá la siguiente ventana, ver **Figura 45-2**.

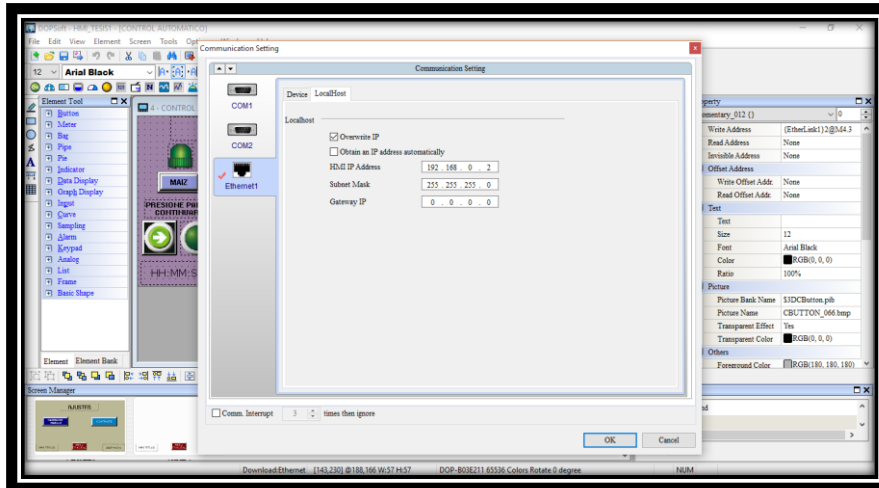


**Figura 45-2** Vinculación HMI delta PLC Siemens  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

#### 2.15.1. Configuración de dirección IP

En esta ventana configuramos la dirección IP del controlador y la dirección IP del HMI, ver **Figura 46-2**.





**Figura 46-2** Configuración de la dirección IP  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 2.15.2. Configuración IP del HMI

Añadimos la dirección IP del PLC para la comunicación, ver **Figura 47-2**.

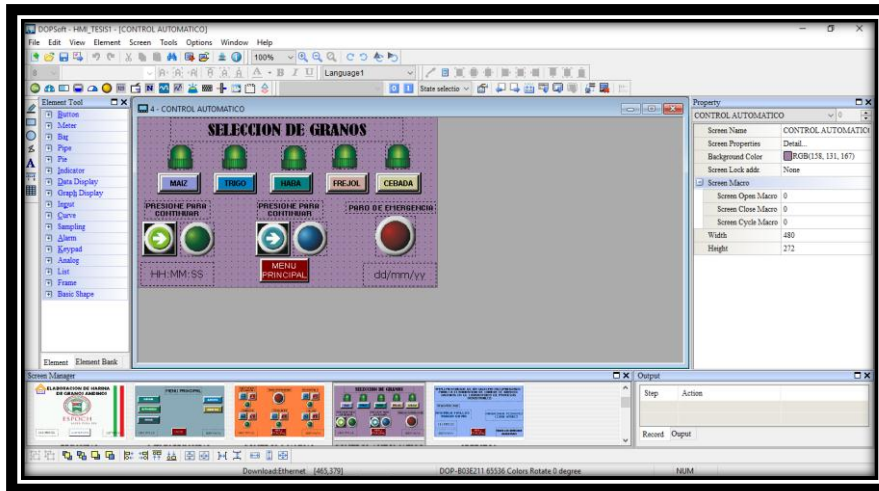


**Figura 47-2** Configuración IP del HMI  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

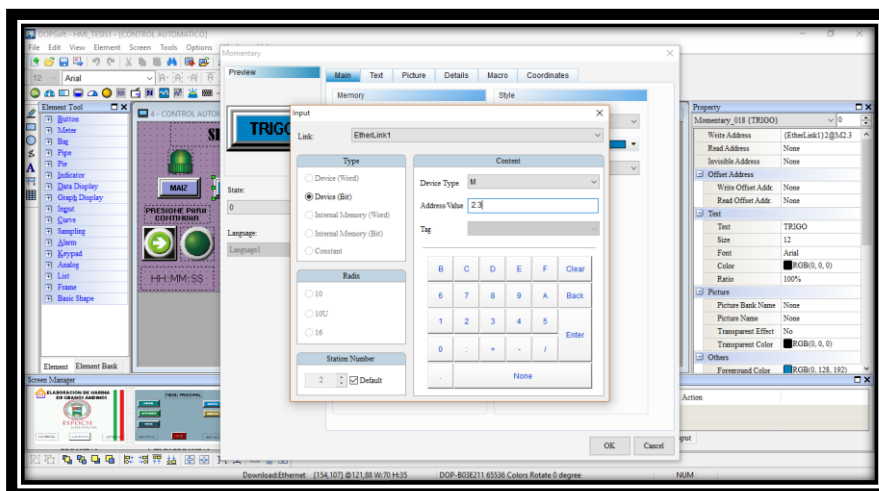
### 2.16. Elaboración de recetas

Como se aclaró anteriormente el HMI funciona como intermediario en la comunicación entre el operador y la máquina, pero es el PLC quien ejecuta todo el proceso de control es por esta razón que las recetas se elaboran dentro de la programa del PLC. Lo que se recrean en el HMI son los menús de los granos con los que se trabaja y se los guarda en memorias internas y que al momento de entran en funcionamiento el HMI envía los datos de estas memorias a las memorias

del PLC a la vez que este hace un llamado de la operación que debe realizar, ver **Figura 48-2** y **Figura 49-2**



**Figura 48-2** Sección de recetas  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.



**Figura 49-2** Asignación de Memorias  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

## CAPÍTULO III

### 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo vamos a realizar un análisis de la maquinaria tanto para las condiciones antes del proceso de automatización, como para las condiciones después del proceso de automatización, para lo cual se ha realizado un análisis de los sistemas: eléctrico, electrónico y mecánico en cada uno de los procesos.

De la misma manera se detallará cada una de las pruebas que se realizó a los diferentes tipos de granos que se va a procesar durante todo el trabajo de la maquinaria, todos los valores y datos que sean recolectados están detallados y explicados a partir de numeral 3.3 de este capítulo.

Cuando cada una de las pruebas sea realizada y sus valores establecidos se procederá a ingresar en la programación que se realizó en el PLC, de esta manera se podrá ejecutar el proceso de elaboración de harina para cada uno de los granos que fueron detallados anteriormente.

##### *3.1.1. Análisis de las condiciones de la máquina antes del proceso de automatización.*

El secador por fluidización para la deshidratación de trigo, fue implementado en el año de 2009 como un proyecto de tesis previa a la obtención del título de “INGENIERO QUIMICO”, en la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, ESCUELA DE CIENCIAS DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA, desde ese momento ha venido operando en el LABORATORIO DE PROCESOS INDUSTRIALES.

El secador de lecho fluidizado cuando se realizó el proceso de construcción cumplía únicamente la función de deshidratar granos de trigo.

A continuación se describe, cuáles eran las condiciones y el modo de funcionamiento de la máquina antes de que sea intervenida en el proceso de automatización.



**Figura 1-3** Vista del secador por lecho fluidizado  
*Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.*

#### *3.1.1.1. Sistema Eléctrico.*

La máquina poseía un sistema de control en el que consistía de un tablero con un cableado que no era muy apropiado para su utilización, en donde se puede observar claramente que para la manipulación y el funcionamiento de la máquina era a través de botoneras, temporizadores, sensores, etc., la cual se efectuaba mediante, temporizadores contadores, contactores, selectores entre otros elementos que conectados de una manera adecuada permitían el control de todo el sistema.

El cableado eléctrico no era el adecuado puesto que dentro del tablero estaba una manguera que conducía el GLP hacia la válvula proporcional de gas. En el caso de existir alguna falla en el circuito eléctrico este podría ocasionar un corto circuito que afectaría gravemente a la manguera que conducía el gas y dañar todo el sistema eléctrico.



**Figura 2-3** Antiguo tablero de control del secador por lecho fluidizado.  
**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Por lo tanto podemos decir que el secador por lecho fluidizado, contaba con un tablero de control dispuesto en un solo armario, el mismo que contiene un temporizador, en el cual se le asignaba el tiempo de operación para la deshidratación de un solo tipo de grano que era trigo.

Igualmente en el tablero existía un selector para la puesta en marcha de todo el sistema para el control del equipo, como también un fusible el cual sirve de protección en caso de una sobre corriente que nos permite aislar a todos los elementos para de esta manera protegerlos adecuadamente.



**Figura 3-3** Selector puesta en marcha.  
**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

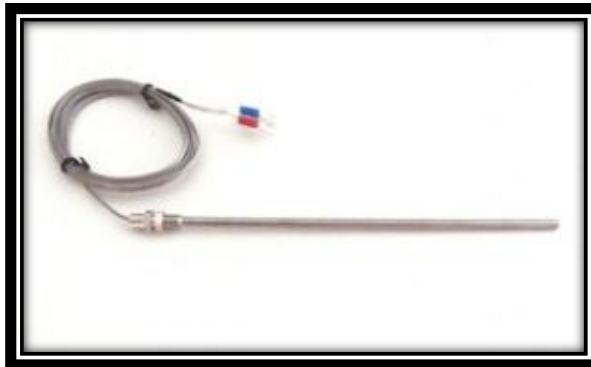
De la misma manera en el antiguo tablero se podía observar una luz indicadora la cual nos permitía visualizar el funcionamiento de la máquina, era un indicador que cuando se encendía podíamos saber que la maquina está corriendo y cumpliendo su proceso de una manera adecuada y correcta de acuerdo con las condiciones que fue configurada.



**Figura 4-3** Luz indicadora de puesta en marcha.  
**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 3.1.1.2. Sistema Electrónico

El secador por lecho fluidizado en sus inicios poseía un sensor de temperatura el cual nos permite el control adecuado de la temperatura, de esta manera se podía controlar el rango correcto al que el grano se debía deshidratar.



**Figura 5-3** Termocupla  
**Fuente:** ([http://www.achile.cl/product.php?id\\_product=305](http://www.achile.cl/product.php?id_product=305))

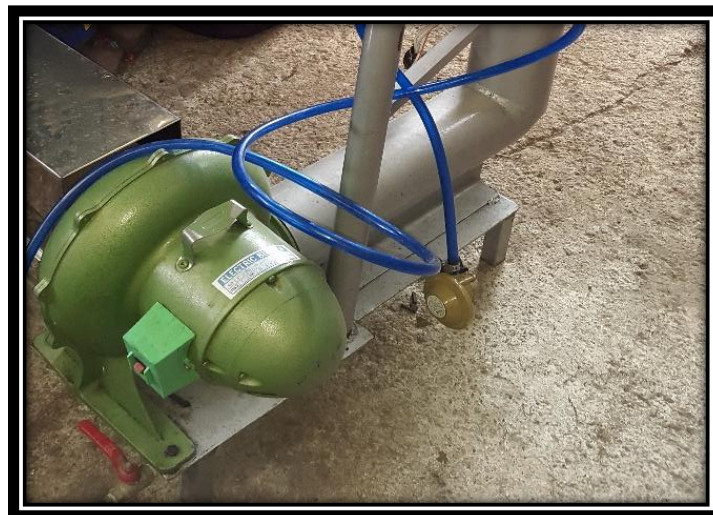
Así mismo también poseía una microcomputadora Tipo KG316T, la cual nos permitía el encendido del electro válvula para el paso del gas, y también nos servía para la asignación del tiempo de funcionamiento de la máquina.



**Figura 6-3** Microcomputadora tipo KG316T.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 3.1.1.3. Sistema Mecánico

El secador por lecho fluidizado en lo referente a la parte mecánica se detalla la implementación de una ventolera de 4" en la entrada de la máquina, de esta manera este elemento es el encargado del envío del aire hacia la cámara de secado.



**Figura 7-3** Ventolera.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### **3.2. Análisis de las condiciones de la máquina después del proceso de automatización.**

#### **3.2.1. Sistema eléctrico**

Después de haber llevado a cabo la automatización del secador de lecho fluidizado esta posee un nuevo sistema de control, el mismo que es comandado y controlado por el nuevo diseño del tablero principal el cual fue implementado bajo los requisitos necesarios para permitir al secador cumplir de manera óptima sus funciones.

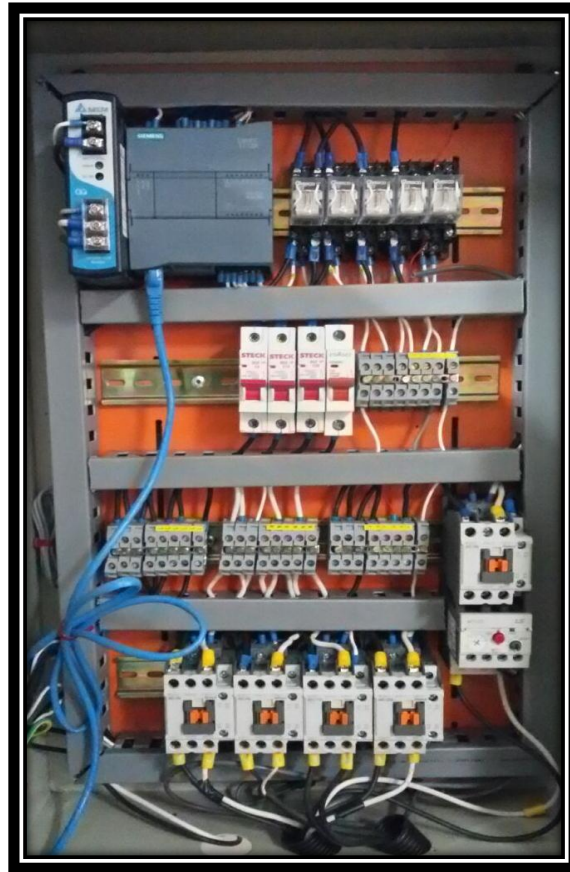
Como se detalló en el Capítulo II en el apartado del diseño e implementación del sistema hardware, el nuevo tablero contiene los mejores elementos que permiten tener un adecuado control, mediante ya no una lógica cableada sino una nueva lógica de programación basada en un PLC SIEMEN S7 1200 AC/DC/RLY 1212C.

El nuevo tablero que se desarrolló nos permite controlar las nuevas etapas que fueron implementadas en este proyecto, como son: Etapa de tostado de granos y la Etapa de molido de granos, todo este control y manipulación de los elementos en cada una de las etapas mencionadas anteriormente están incluidas en el tablero, lo cual es de mucha utilidad y un mejor manejo que nos ayudara a desarrollar de una manera mucho más eficaz todo el proceso.

Además una de las ventajas del diseño del nuevo tablero es que nos permite una revisión mucho más rápida y comprensible por quienes estarán a cargo de la parte de mantenimiento, con la ayuda de planos claramente desarrollados, y un manual que especifica la forma correcta de operar la máquina, así como de un listado de parámetros que permiten acceder a la programación cuando se desee volver a calibrar y realizar ajustes.

Por lo tanto podemos decir que el secador por lecho fluidizado, cuenta con un tablero de control de un armario, en el que se encuentran los nuevos elementos para el control del proceso de elaboración de harina, donde tenemos contactores, relés de activación, guardamotores, breakers de protección en su parte interna.





**Figura 8-3** Nuevo tablero de control vista interna.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Mientras que para la parte externa se encuentra un selector de modo Manual a Automático, pulsadores de Inicio, Reset y Paro de Emergencia con sus respectivas luces indicadoras de funcionamiento.



**Figura 9-3** Nuevo tablero de control vista externa.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 3.2.2. Sistema Electrónico.

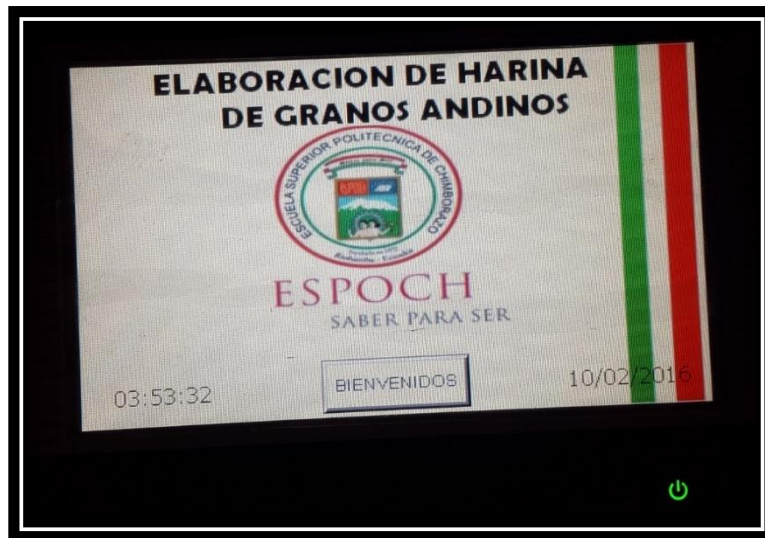
Para la manipulación de la máquina se ha implementado un sistema HMI, mismo que suple al tablero de mando antiguo, de esta manera vamos a tener un mejor sistema para el control de las acciones que se requieran, siendo de esta manera un panel de operaciones que es mucho más amigable con el operador y de fácil manejo.



**Figura 10-3** Nuevo sistema HMI.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Las bondades que presenta el sistema de visualización y operación son las siguientes:

- Control en modo manual de la máquina, accionando y deteniendo cada actuador a través de botones touch.
- Control de la máquina en modo automático, esta operación se la realiza a través de botones de Start y Reset.
- Una vez que se acciona el botón Start se inicia las secuencias que debe cumplir la nueva maquinaria para la elaboración de harina, de la misma forma la persona que esté operando podrá visualizar el correcto funcionamiento de la maquina a través de la luz indicadora de color verde.
- Cada vez que se termina un proceso, en la pantalla de la HMI hay indicadores que le avisan al operario que debe pulsar los botones touch para continuar con la siguiente etapa.
- Botón de paro de emergencia para deshabilitar el funcionamiento de la maquina en caso de cualquier avería que pueda llegase a presentarse durante el proceso de trabajo.
- El nuevo sistema nos permite un manejo mucho más interactivo entre el operario y la maquina ya que su entorno es en su totalidad gráfico.



**Figura 11-3** Nuevo sistema de visualización HMI.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

La nueva maquinaria para el proceso de secado por lecho fluidizado y elaboración de harina luego de ser automatizado dispone de sensores de temperatura y humedad, que permiten realizar los movimientos exactos de cada uno de los actuadores de la maquinaria para evitar de esta manera daños en los componentes mecánicos que la conforman.

El sensor implementado en la maquinaria es de última tecnología y de un fácil manejo, ya que tiene incorporado una pantalla gráfica en el que nos indica el rango de temperatura y humedad a la que se encuentra trabajando el proceso para cada uno de los tipos de granos para la que fue instalado.



**Figura 12-3** Sensor de Temperatura y Humedad.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Todo este nuevo sistema estará gobernado por el autómata programable PLC de la marca SIEMENS S7 1200 AC/DC/RLY 1212c, el mismo que con la programación desarrollada y detallada en el apartado de diseño del sistema automático software, hará posible el buen control de la máquina y un correcto funcionamiento en lo referente al proceso de la elaboración de harina de granos andinos.



**Figura 13-3** PLC Siemens S7 1200.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 3.2.3. *Sistema Mecánico*

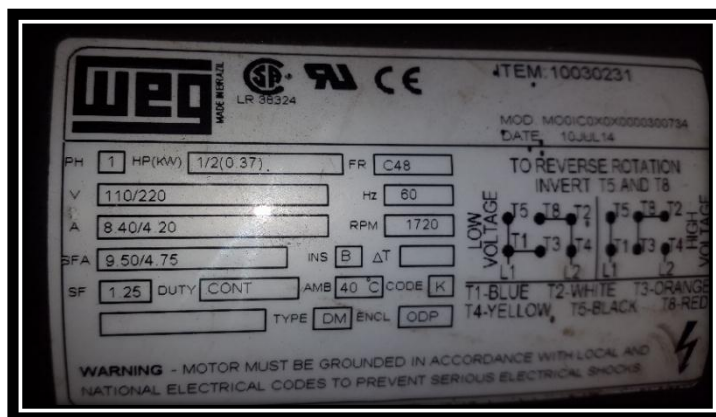
Para el nuevo sistema mecánico y con las mejoras en los sistemas eléctrico y electrónico de la nueva maquinaria se pretende, tener un mejor control de los componentes, ya que se han insertado nuevos elementos como guarda motores.

Es por esta razón que para la etapa de tostado de los granos se implementó un motor de pluma de automóvil a 12V, puesto que este tipo de motores posee un torque alto y su velocidad de giro es lenta, siendo esta la adecuada para que los granos se tuesten en su totalidad y a su vez nos brinda la fiabilidad que dichos granos no saldrán del recipiente que los contiene.



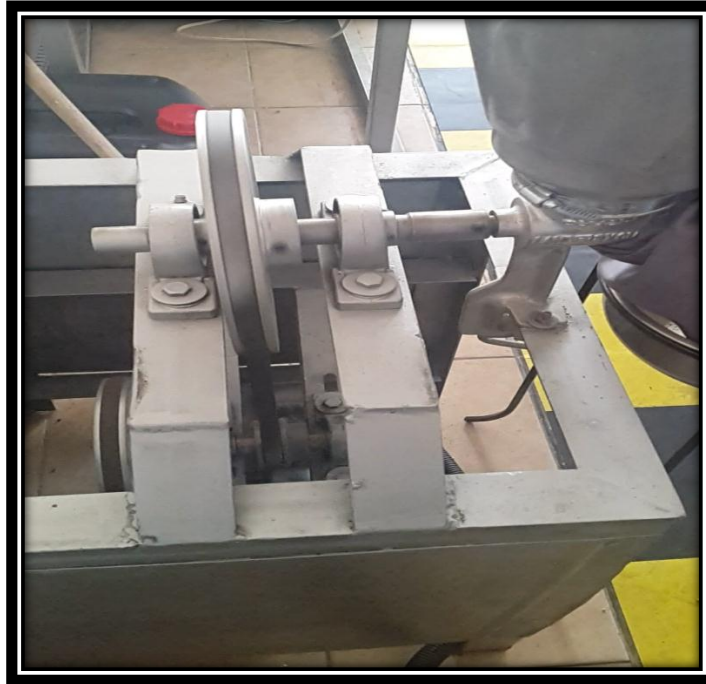
**Figura 14-3** Motor de plumas de automóvil 12 V.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Para la etapa de molido de los granos se implementó un motor de 1/2 HP a 110 V, el cual nos va permitir que la molienda sea mucho más rápida y de una manera eficiente.



**Figura 15-3** Placa del Motor 1/2 HP.  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Para reducir la cantidad de RPM del motor se implementó un sistema de patea de 16 cm el cual nos da una reducción de 10/1.



**Figura 16-3** Conexión del Motor ½ HP con la Polea  
Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 3.3. *Pruebas realizadas*

Las pruebas que se realizaron a la maquinaria fueron con granos y sin granos, de esta manera se puede realizar las correcciones necesarias, para que tanto la maquinaria como el proceso que realiza tengan un correcto funcionamiento, es por tal razón que al realizar este tipo de pruebas se puede garantizar que el producto final está apto para el consumo.

Todas las pruebas que se realizaron se las detalla a continuación para un mejor entendimiento de las condiciones que se realizó al implementar el nuevo sistema.

#### 3.3.1. *Datos de Temperatura y Humedad en el secador de granos.*

Los datos que se obtuvieron tanto de temperatura como de humedad se los tomo sin granos dentro de la amara de secado, dichos valores se los puede observar en la tabla 8.3.

**Tabla 8-3** Datos de Temperatura y Humedad sin granos

<b>Datos de Temperatura y Humedad sin Granos</b>		
<b>Tiempo</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Relación de Humedad (%)</b>
5 minutos	25.0	45.9
10 minutos	30.4	35.0
15 minutos	32.5	25.5
20 minutos	33.1	23.8
25 minutos	34.0	23.1
30 minutos	35.2	22.6

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

### 3.3.2. *Tiempos de sacado de granos del tostador.*

En esta parte se detallan los tiempos en que se demora cada uno de los granos en ser sacados del tostador, para un comprender de una mejor manera estos tiempos se los detalla en por tipo de grano como se los puede observar a continuación en cada una de las tablas.

#### 3.3.2.1. *Cebada*

**Tabla 9-3** *Tiempos de sacado de cebada del tostador*

<b>Tiempo de sacado de grano de cebada del tostador</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total sacado (%)</b>
1	4	98
2	3	97
3	4	98
4	2	85
5	1	70

**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Una vez que se realizaron las pruebas necesarias para este tipo de grano se pudo observar que el mejor tiempo para que el grano pueda ser evacuado de la parte del tostador es 4 minutos, dicho tiempo está programado en el modo automático en la receta del grano de cebada.

#### 3.3.2.2. *Trigo*

**Tabla 10-3** *Tiempos de sacado de trigo del tostador*

<b>Tiempo de sacado de grano de trigo del tostador</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total sacado (%)</b>
1	4	99
2	3	97
3	4	98
4	2	88
5	1	69

**Realizado por:** Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Una vez que se realizaron las pruebas necesarias para este tipo de grano se pudo observar que el mejor tiempo para que el grano pueda ser evacuado de la parte del tostador es 4 minutos, dicho tiempo está programado en el modo automático en la receta del grano de trigo

#### 3.3.2.3. *Maíz*

**Tabla 11-3** *Tiempos de sacado de maíz del tostador*

<b>Tiempo de sacado de grano de maíz del tostador</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total sacado (%)</b>
1	4	98
2	3	95

3	4	97
4	2	83
5	1	64

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Una vez que se realizaron las pruebas necesarias para este tipo de grano se pudo observar que el mejor tiempo para que el grano pueda ser evacuado de la parte del tostador es 4 minutos, dicho tiempo está programado en el modo automático en la receta del grano de maíz

#### 3.3.2.4. Arveja

**Tabla 12-3** Tiempos de sacado de arveja del tostador

<b>Tiempo de sacado de grano de arveja del tostador</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total sacado (%)</b>
1	1	85.5
2	2	99.4
3	3	99.8
4	2	99.3
5	3	99.7

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Una vez que se realizaron las pruebas necesarias para este tipo de grano se pudo observar que el mejor tiempo para que el grano pueda ser evacuado de la parte del tostador es 3 minutos, dicho tiempo está programado en el modo automático en la receta del grano de arveja.

#### 3.3.2.5. Frejol

**Tabla 13-3** Tiempos de sacado de frejol del tostador

<b>Tiempo de sacado de grano de frejol del tostador</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total sacado (%)</b>
1	1	80.5
2	2	97.4
3	3	98.6
4	4	99.3
5	4	99.7

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Una vez que se realizaron las pruebas necesarias para este tipo de grano se pudo observar que el mejor tiempo para que el grano pueda ser evacuado de la parte del tostador es 4 minutos, dicho tiempo está programado en el modo automático en la receta del grano de frejol.

### 3.4. Tiempos y temperaturas en cada uno de los granos durante el proceso de elaboración de harina

Los tiempos y temperatura para cada tipo de grano en el proceso de elaboración de harina son detallados a continuación.



### 3.4.1. *Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de cebada*

Para el grano de cebada una vez que se realizó el proceso para la obtención de harina los valores obtenidos son detallados en las siguientes tablas

*Tabla 14-3 Tiempos de secado de cebada*

<b>Tiempo de secado de grano de cebada</b>			
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Relación de Humedad (%)</b>
1	10	37.0	21.5
2	20	38.5	19
3	30	39	18.6

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

*Tabla 15-3 Tiempos de tostado de cebada*

<b>Tiempo de tostado de grano de cebada</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total de tostado (%)</b>
1	10	40
2	25	70
3	35	80
4	45	90
5	50	100

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Cuando se realizó las pruebas para el grano de cebada se pudo llegar a la conclusión que las condiciones más adecuadas para la producción eran: el tiempo que el grano tiene que permanecer en la cámara de secado es de 20 minutos, faltando 5 minutos para que la cámara de secado se apague se encenderá la niquelina la cual proporcionara el calor necesario para realizar el tostado, el tiempo que se demorara para que el grano tenga la contextura adecuada es de 45 minutos, el tiempo en que se demora en evacuar el grano del tostador es de 4 min , transcurrido este tiempo se demorara 4 minutos en trasportar el grano desde el tostador hacia el molino para que finalmente durante un tiempo de 5 min se molera la totalidad del grano, durante todo el proceso el tiempo establecido para la elaboración de harina es el estimado de 78 minutos equivalente a 1 hora 18 minutos.

### 3.4.2. *Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de trigo*

Para el grano de trigo una vez que se realizó el proceso para la obtención de harina los valores obtenidos son detallados en las siguientes tablas

*Tabla 16-3 Tiempos de secado de trigo*

<b>Tiempo de secado de grano de trigo</b>			
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Relación de Humedad (%)</b>
1	10	37.0	21.5
2	20	38.5	19

3	30	39	18.6
---	----	----	------

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

**Tabla 17-3 Tiempos de tostado de trigo**

Tiempo de tostado de grano de trigo		
Numero de prueba	Tiempo (min)	Total de tostado (%)
1	10	40
2	25	70
3	35	80
4	45	90
5	50	100

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Cuando se realizó las pruebas para el grano de trigo se pudo llegar a la conclusión que las condiciones más adecuadas para la producción eran: el tiempo que el grano tiene que permanecer en la cámara de secado es de 20 minutos, faltando 5 minutos para que la cámara de secado se apague se encenderá la niquelina la cual proporcionara el calor necesario para realizar el tostado, el tiempo que se demorara para que el grano tenga la contextura adecuada es de 50 minutos, el tiempo en que se demora en evacuar el grano del tostador es de 4 min , transcurrido este tiempo se demorara 4 minutos en trasportar el grano desde el tostador hacia el molino para que finalmente durante un tiempo de 5 min se molera la totalidad del grano, durante todo el proceso el tiempo establecido para la elaboración de harina es el estimado de 83 minutos equivalente a 1 hora 23 minutos.

### 3.4.3. Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de maíz

Para el grano de maíz una vez que se realizó el proceso para la obtención de harina los valores obtenidos son detallados en las siguientes tablas

**Tabla 18-3 Tiempos de secado de maíz**

Tiempo de secado de grano de maíz			
Numero de prueba	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Relación de Humedad (%)
1	10	37.0	21.5
2	20	38.5	19
3	25	40	17.5

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

**Tabla 19-3 Tiempos de tostado de maíz**

Tiempo de tostado de grano de maíz		
Numero de prueba	Tiempo (min)	Total de tostado (%)
1	10	40
2	25	70
3	35	80

4	40	90
5	45	100

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Cuando se realizó las pruebas para el grano de maíz se pudo llegar a la conclusión que las condiciones más adecuadas para la producción eran: el tiempo que el grano tiene que permanecer en la cámara de secado es de 25 minutos, faltando 5 minutos para que la cámara de secado se apague se encenderá la niquelina la cual proporcionara el calor necesario para realizar el tostado, el tiempo que se demorara para que el grano tenga la contextura adecuada es de 45 minutos, el tiempo en que se demora en evacuar el grano del tostador es de 5 min , transcurrido este tiempo se demorara 5 minutos en trasportar el grano desde el tostador hacia el molino para que finalmente durante un tiempo de 5 min se molera la totalidad del grano, durante todo el proceso el tiempo establecido para la elaboración de harina es el estimado de 87 minutos equivalente a 1 hora 27 minutos.

#### 3.4.4. *Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de arveja*

Para el grano de arveja una vez que se realizó el proceso para la obtención de harina los valores obtenidos son detallados en las siguientes tablas

**Tabla 20-3** *Tiempos de secado de arveja*

<b>Tiempo de secado de grano de arveja</b>			
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Relación de Humedad (%)</b>
1	10	37.0	21
2	20	38.5	18
3	30	39	16.6

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

**Tabla 21-3** *Tiempos de tostado de arveja*

<b>Tiempo de tostado de grano de arveja</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total de tostado (%)</b>
1	10	50
2	25	65
3	30	80
4	35	90
5	40	100

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Cuando se realizó las pruebas para el grano de arveja se pudo llegar a la conclusión que las condiciones más adecuadas para la producción eran: el tiempo que el grano tiene que permanecer en la cámara de secado es de 30 minutos, faltando 5 minutos para que la cámara de secado se apague se encenderá la niquelina la cual proporcionara el calor necesario para realizar el tostado, el tiempo que se demorara para que el grano tenga la contextura adecuada es de 40

minutos, el tiempo en que se demora en evacuar el grano del tostador es de 5 minutos , transcurrido este tiempo se demorara 5 minutos en trasportar el grano desde el tostador hacia el molino para que finalmente durante un tiempo de 5 minutos se molera la totalidad del grano, durante todo el proceso el tiempo establecido para la elaboración de harina es el estimado de 85 minutos equivalente a 1 hora 25 minutos.

### 3.4.5. *Condiciones para realizar el proceso de elaboración de harina de frejol*

Para el grano de frejol una vez que se realizó el proceso para la obtención de harina los valores obtenidos son detallados en las siguientes tablas

*Tabla 22-3 Tiempos de secado de frejol*

<b>Tiempo de secado de grano de frejol</b>			
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Relación de Humedad (%)</b>
1	10	37.5	22.5
2	20	38.1	19.5
3	35	38.8	17.2

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

*Tabla 23-3 Tiempos de tostado de frejol*

<b>Tiempo de tostado de grano de frejol</b>		
<b>Numero de prueba</b>	<b>Tiempo (min)</b>	<b>Total de tostado (%)</b>
1	10	45
2	25	72
3	30	85
4	40	90
5	45	100

Realizado por: Arévalo V. y Anguisaca L. 2016.

Cuando se realizó las pruebas para el grano de cebada se pudo llegar a la conclusión que las condiciones más adecuadas para la producción eran: el tiempo que el grano tiene que permanecer en la cámara de secado es de 25 minutos, faltando 5 minutos para que la cámara de secado se apague se encenderá la niquelina la cual proporcionara el calor necesario para realizar el tostado, el tiempo que se demorara para que el grano tenga la contextura adecuada es de 45 minutos, el tiempo en que se demora en evacuar el grano del tostador es de 4 min , transcurrido este tiempo se demorara 4 minutos en trasportar el grano desde el tostador hacia el molino para que finalmente durante un tiempo de 5 min se molera la totalidad del grano, durante todo el proceso el tiempo establecido para la elaboración de harina es el estimado de 85 minutos equivalente a 1 hora 25 minutos.

## CONCLUSIONES

- Mediante el proceso de la modernización que se realizó en la maquinaria, se logró mejorar la relación de trabajo entre el hombre y la máquina, puesto que el nuevo sistema implementado le brinda un sistema que es amigable para el usuario, al ser un entorno en su totalidad gráfico.
- Se logró con la modernización de la maquinaria que el mantenimiento de la parte de los sistemas electrónicos y eléctricos sea mucho más fácil, puesto que todos los elementos están distribuidos de una manera ordenada en el tablero de control, de esta manera se puede reducir el tiempo de mantenimiento y solucionar posibles fallas que se puedan presentar en los sistemas.
- Fue necesario para la implementación de la parte de tostado y molido de los granos en el funcionamiento de maquinarias de un similar proceso, como la de tostado y molido de café, el cual tiene características muy semejantes al proceso que se realiza para la elaboración de harina en el trabajo de titulación propuesto.
- Se logró tener un mejor control en cada uno de los sistemas, para poder evitar posibles errores en su funcionamiento, esto con él envió de señales de confirmación de los actuadores a las entradas del PLC, de esta manera se controla que los actuadores funcionen correctamente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda analizar la documentación que se entrega al Laboratorio de Procesos Industriales de la Facultad de Ciencias, para una mejor interacción con el nuevo sistema implementado en la elaboración de harina de granos andinos, de la misma manera realizar las capacitaciones necesarias a los diferentes operadores de la maquinaria para que puedan conocer el nuevo funcionamiento y sistemas que fueron implementados.
- Se debe emplear los distintos manuales y planos que se han desarrollado, para realizar los mantenimientos programados, la solución de averías, que debe tener la máquina en sus sistemas eléctricos y electrónicos.
- Es de mucha importancia que se revisen los datos técnicos de cada uno de los dispositivos que conforman el tablero de control, para que en caso de un posible daño estos puedan ser reemplazados por otro de las mismas características, y evitar un mal funcionamiento de la maquinaria.
- Recopilar las inquietudes y aportes de los usuarios que están en contacto con la manipulación de la maquinaria, para que de esta forma se pueda tener una idea de posibles mejoras que se puedan dar a la máquina y poner todo a un mejor punto de funcionamiento.

## BIBLIOGRAFÍA

- Centro Iberoamericano de Documentación e Información Agrícola, . (2008). *"Diagnostico del sistema jpost-cosecha de los granos basicos en el salvador"*. Salvador: SICA.
- Food & Agriculture Org. . (2010). *"Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano: directrices "*. Italia : FAO .
- INIAP, E. E. (2008). *"El Cultivo de la Arveja en la Sierra Suir"*. Azoguez - Ecuador: Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias.
- Portal de Mantenimiento Industrial. (25 de Agosto de 2012). *"Utilización de Reductores y Motorreductores"*. Obtenido de [www.solomantenimiento.com](http://www.solomantenimiento.com):  
<http://www.solomantenimiento.com/articulos/m-reductores-motorreductores.htm>
- The Siemon Company . (30 de Mayo de 2012). *"Protocolo de red en niveles para aplicaciones de automatización industrial"*. Obtenido de [www.siemon.com](http://www.siemon.com):  
[https://www.siemon.com/la/white\\_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp](https://www.siemon.com/la/white_papers/03-10-13-ethernet-ip.asp)
- ARAYA** , R., Martinez, K., Lopez, A., & Murillo , A. (2013). *"Protocolo para el Manejo Poscosecha de la Semilla de Frijol"*. San Jose - Costa Rica: Organizacion de las Naciones Unidas para la Alimentacion y la Agricultura.
- ARIAS**, C. (2006). *"Programa Cooperativo Centroamericano para el Mrjoramiento de Cultivos Alimenticios"*. Guatemala: Instituto Interamericano de Ciencias Agricolas de la OEA.
- BOYLESTAD** Robert L. (2011). *"Introducción al análisis de circuitos"*. Perú: Pearson.
- CABRERIZO** Dulce María & Boza Juan Luis & Pérez Javier. (2008). *"Física y Química 1º Bachillerato"*. México : Editex .
- CARTAY**, R. (2009). *"Diccionario Venezolano"*. Caracas: Alfadil Ediciones.
- COSTAS** Pablo. (2005). *"Montaje e Instalacion de Accesorios, Elementos y Equipos Auxiliares"*. España: Vigo.

**DALPASQUELE, V. A., Marques Pereira , D. A., Sinicio, R., & Fiho, D. O. (2011).** *"Secado de Granos a Alta Temperatura"*. Chile: Oficina Regional de la FAO para America Latian y el Caribe.

**ESPI Lopez, J., Camps Valls, G., & Muñoz Mari, J. (2010).** *Fundamentos de la Electroica Analogica*. Valencia: Universidad de Valencia .

**GRANADOS, G., Lafitte, H. R., & Violic, A. (2008).** *"El Maiz en los Tropicos mejoramiento y Produccion"*. Roma: Direccion de Produccion y Proteccion Vegetal de la FAO.

**HYDE, J., Regue, J., & Caspinera, A. (2009).** *Conyrol Electroneumatico y Electronico*. Espana: Marcombo. S.A.

**IVES, N. (2009).** *"Manual de secado y Almacenamiento de secado de Granos"*. Costa Rica: Instituto Interoamericano de Ciencias Agrícolas.

**LLANOS Ferraris, D. (2007).** *"Fundamentos de Informatica y Programacion en C"*. España: COPYRIGHT.

**LOPÉZ Víctor. (03 de Octubre de 2012).** *"Sistema Electrónico"*. Obtenido de SlideShare:  
<http://es.slideshare.net/Shatbell/sistema-electronico>

**LOZADA TÍPAN Luis Carlos. (2009).** *"Diseño y Construcción de una Tostadora continua de cebada"*. Quito . Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1745/1/CD-2350.pdf>

**MORENO M., C. (14 de 06 de 2010).** *www.repositorioeducacion superior .gob.ec*. Obtenido de "Proceso de Fabricacion de Sucedaneos del Pan":  
<http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/943/1/L-SENESCYT-0067.pdf>

**MURILLO, L. (2009).** *"El Secado de los Granos"*. Mexico: Instituto Interamericano de Cooperacion por la Agricola.

**QUINTANILLA MARTINEZ, J. (2009).** *Experiencias Concretas de Inovacion y Aprendizaje Tecnologico en la Empresa Luz y Fuerza del Centro*. Mexico: Universidad Nacional Autonoma de Mexico.



**RIFALDI** Alfredo & Sirabonian Norberto I. (18 de Mayo de 2012). "*Maniobras en la red electrica, seccionamiento e interrupción*". Obtenido de [www.ing.unlp.edu.ar](http://www.ing.unlp.edu.ar):  
<http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/ie-temas/ie-06/ie-06apa.htm>

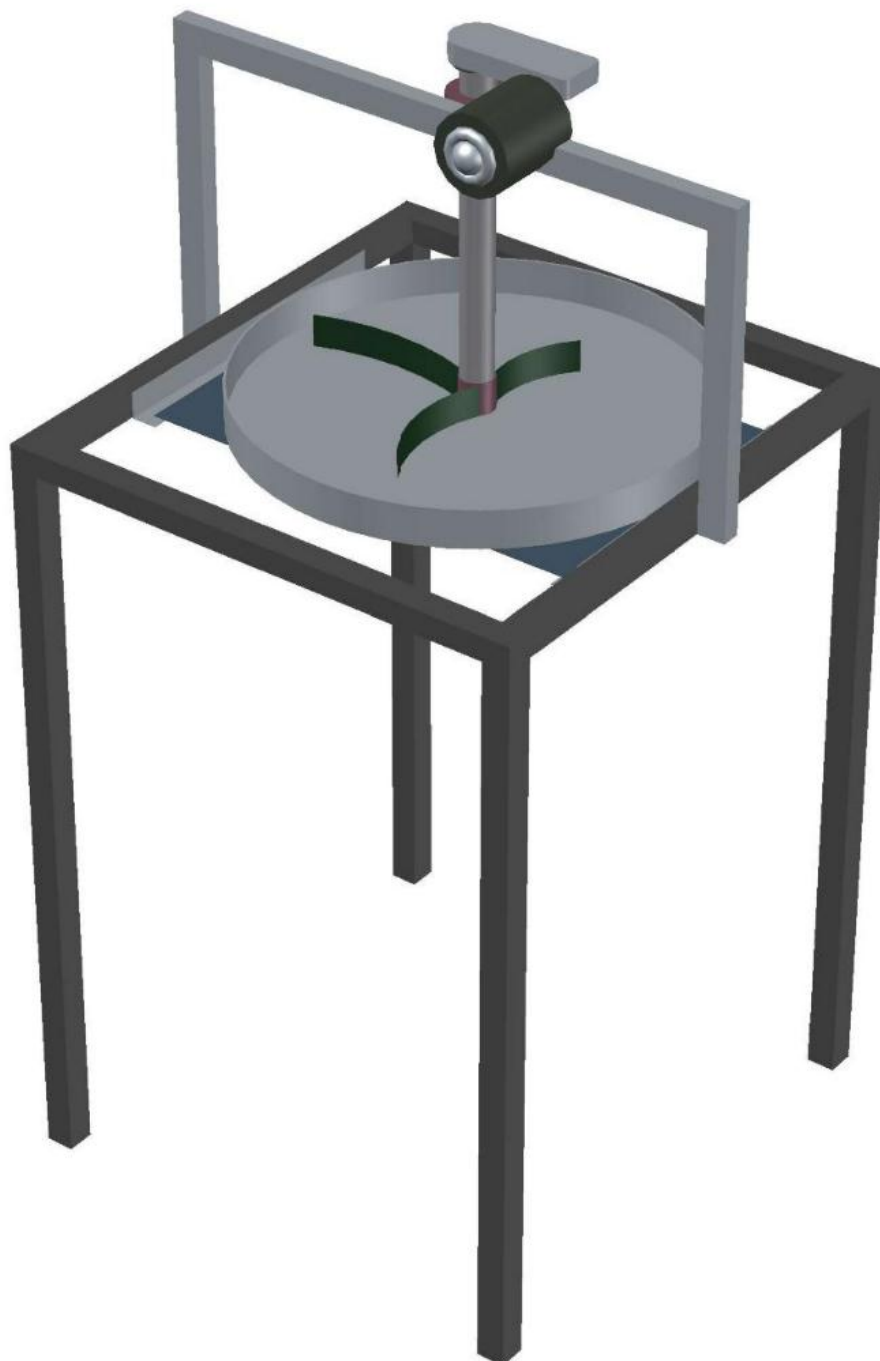
**SERNA** Ruiz, A., Ros Garcia, F. A., & Rico Noruega, J. C. (2010). *Guia Practica de Sensores*. España: Creaciones Copyright S.L.

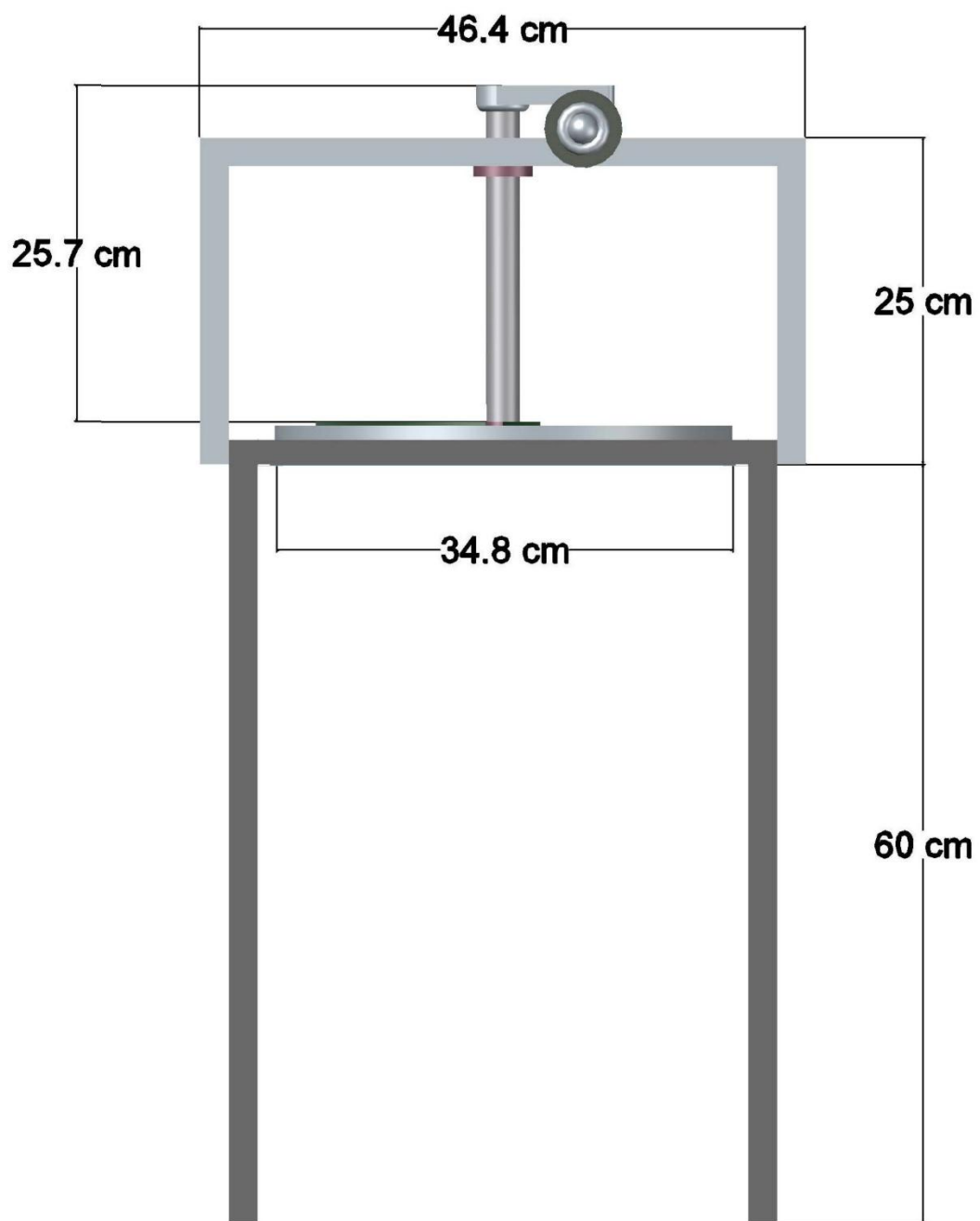
**VALDERRAMA**, J. (2008). "*Informacion Tecnologica*". España: Centro de Informacion Tecnologica.

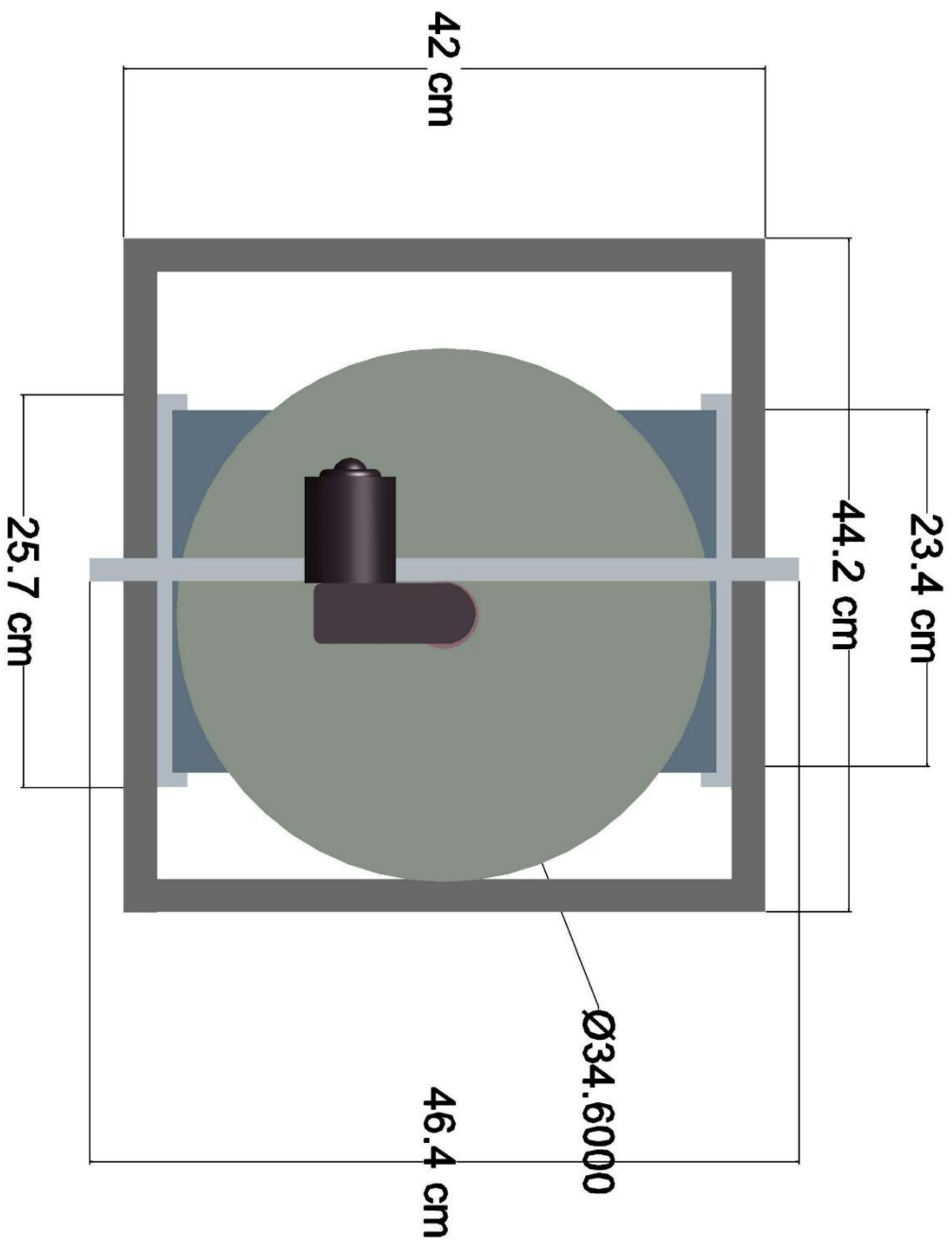
**WILLIAMS**, D., & Gracey , A. (2010). "*Mantenimiento y Funcionamiento de Silos*". Roma: Organizacion de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentacion.

## ANEXOS

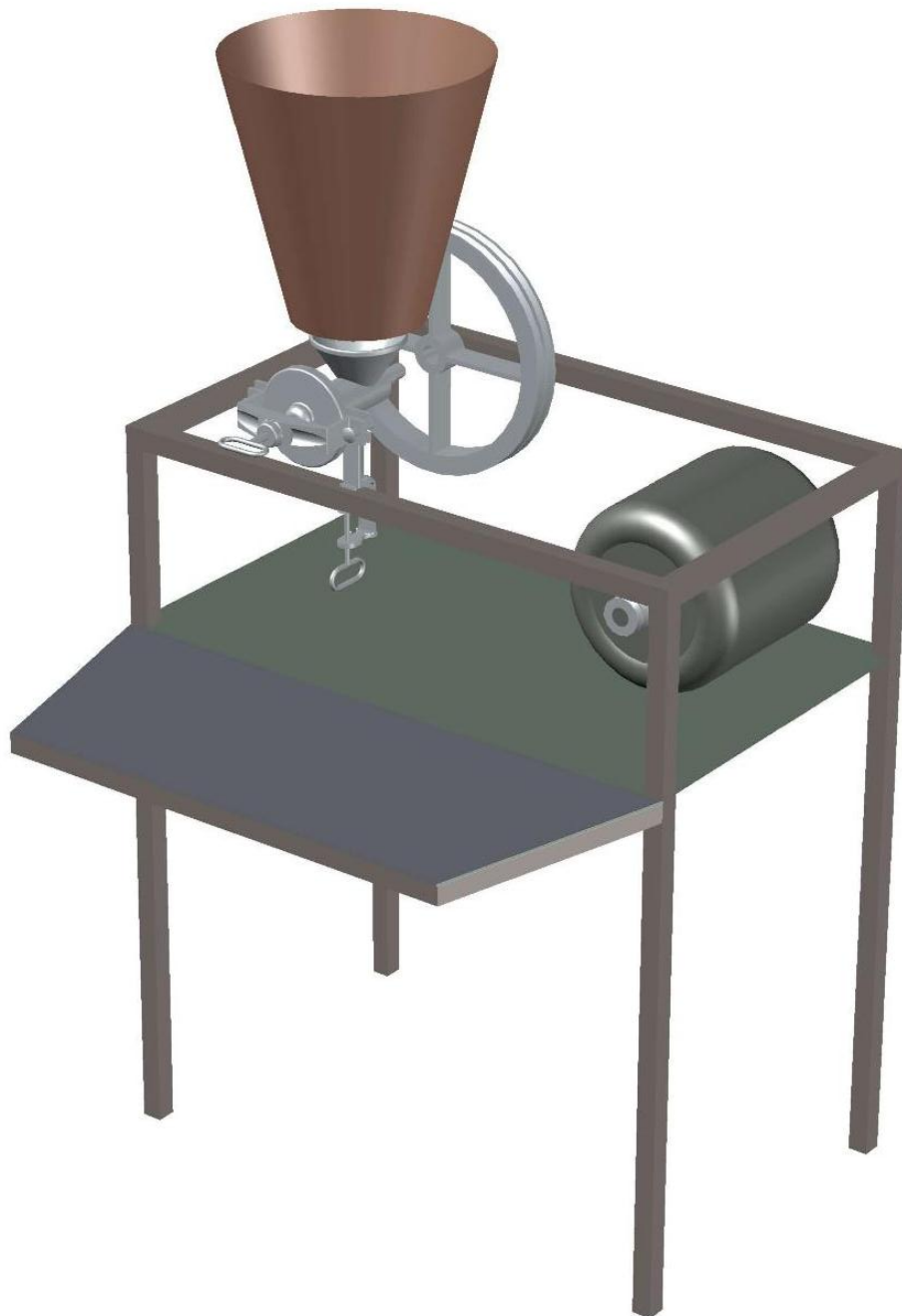
### ANEXO A: DISEÑO DE ESTRUCTURA DE LA ETAPA DE TOSTADO.

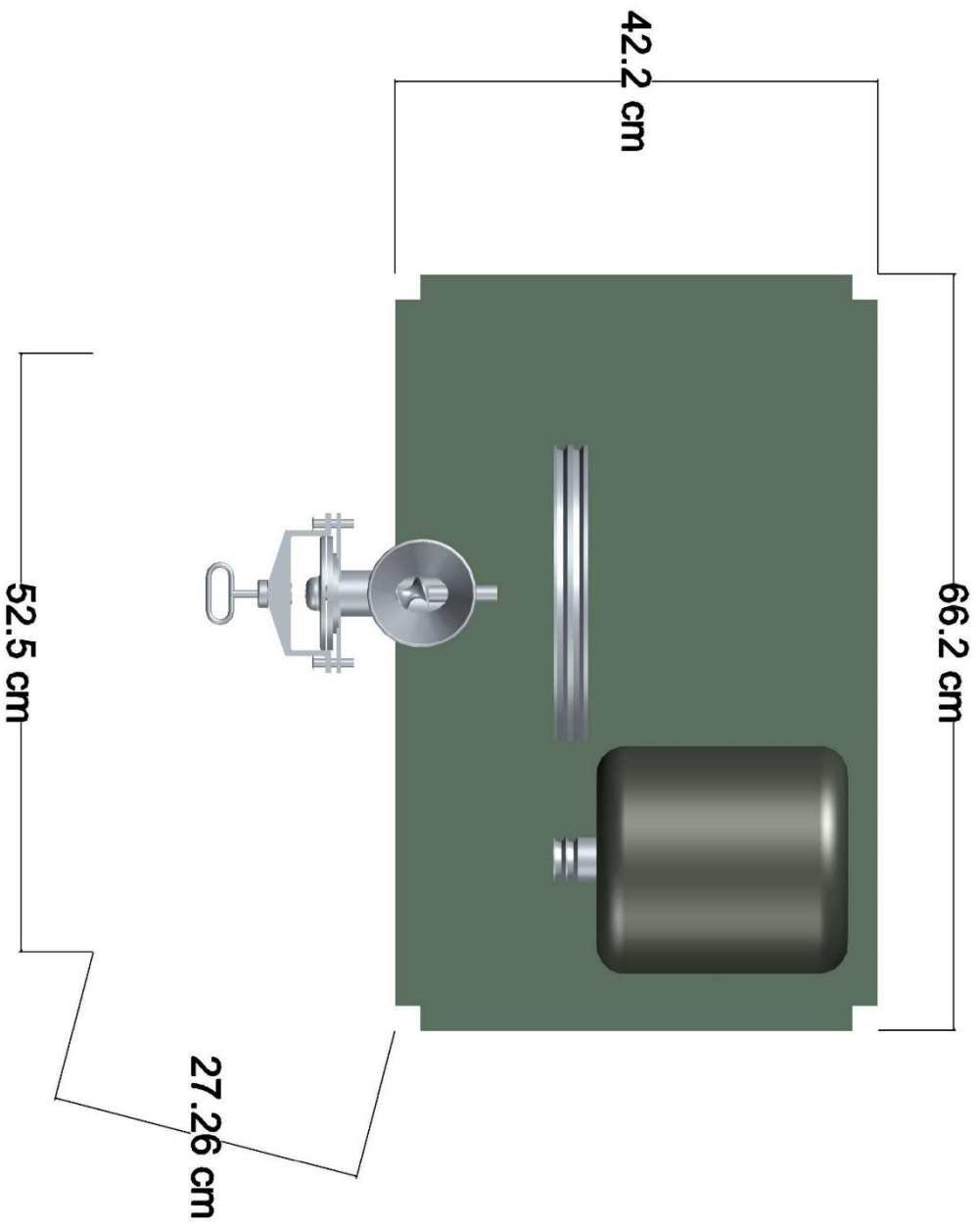




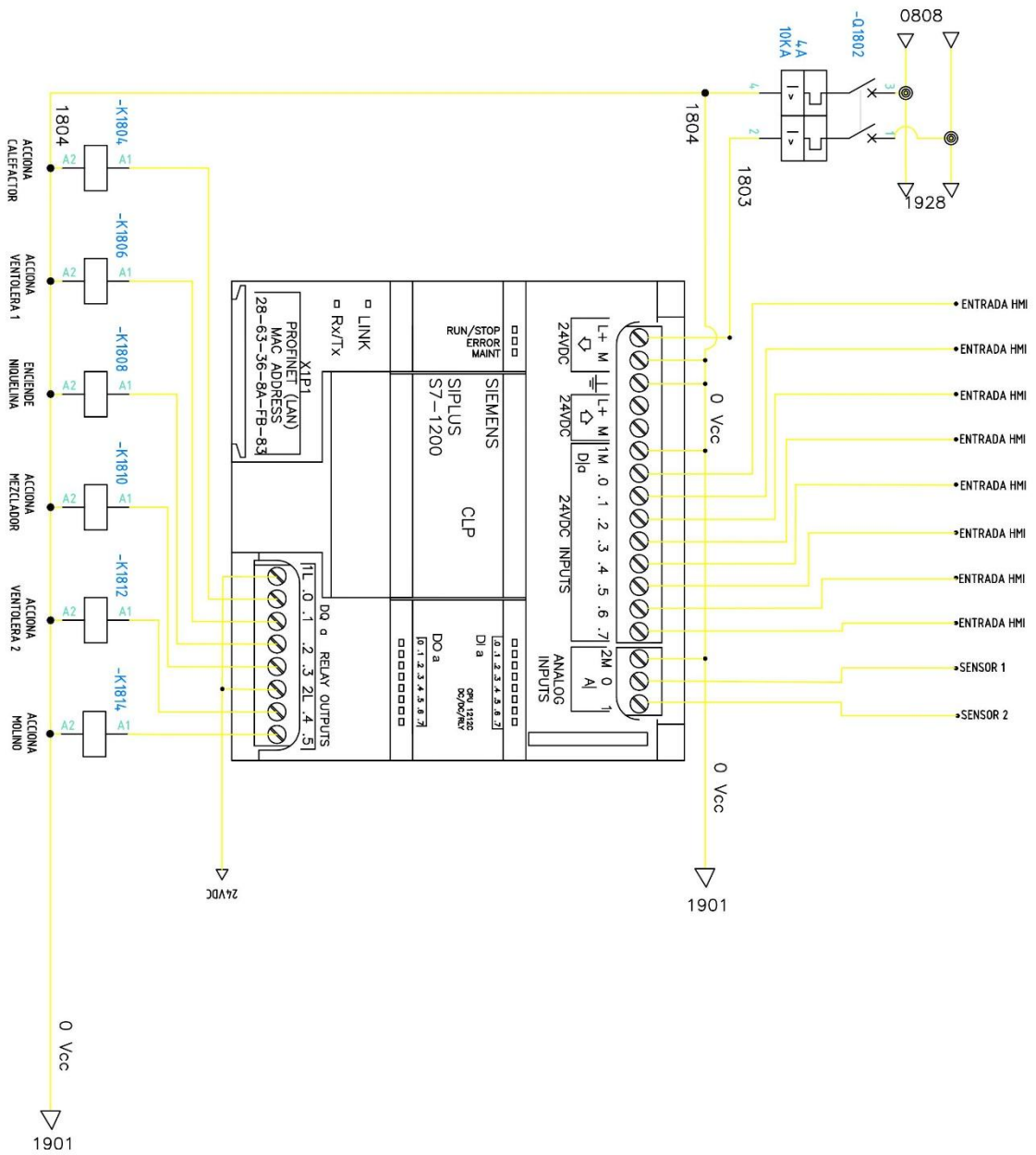


**ANEXO B: DISEÑO DE ETAPA DE MOLIDO REALIZADO EN AUTOCAD**





# ANEXO C: DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL TABLERO DE CONTROL



## ANEXO D: CATÁLOGO DE CONTACTORES DE LA LÍNEA LS.

### Contadores MC

Los contactores serie: MC son la solución completa para la conexión de motores, capacitores y equipos relacionados a la industria. Cuentan con contactos laterales y frontales desmontables. En los modelos de 185a en adelante, la bobina posee un módulo eléctrico la cual es extraíble y con autovoltaje de 100 a 240VAC/VDC.

Modelo	Máxima Corriente de Operación		Potencia Admisible AC 3 IEC -60947				Contactos Auxiliares	
	AC 3	AC 1	220V 240V	380V 440V	500V 550V	690V	NA	NC
	A	A	Kw	Kw	Kw	Kw		
MC-9b	9	25	2.5	4	4	4	1	1
MC-12b	12	25	3.5	5.5	7.5	7.5	1	1
MC-18b	18	32	4.5	7.5	7.5	7.5	1	1
MC-22b	22	40	5.5	11	15	15	1	1
MC-32a	32	50	7.5	15	18.5	18.5	2	2
MC-40a	40	60	11	18.5	22	22	2	2
MC-50a	50	70	15	22	30	30	2	2
MC-65a	65	100	18.5	30	33	33	2	2
MC-75a	75	110	22	37	37	37	2	2
MC-85a	85	135	25	45	45	45	2	2
MC-100a	100	160	30	55	55	45	2	2
MC-130a	130	160	37	60	60	55	2	2
MC-150a	150	210	45	75	70	55	2	2
MC-185a	185	230	55	90	110	110	2	2
MC-225a	225	275	75	132	132	140	2	2
MC-330a	330	350	90	160	160	200	2	2
MC-400a	400	450	125	200	225	250	2	2
MC-630a	630	660	190	330	330	400	2	2
MC-800a	800	900	220	440	500	500	2	2



MC-22b



MC-40a

\* Reemplazar por la tensión de bobina requerida según modelos  
Ejemplo: MC12 - 220V

Código	Serie	Voltaje AC	Voltaje DC
110 V	MC-9b...MC-150a	110V 50/60 Hz	-
220 V	MC-9b...MC-150a	220V 50/60 Hz	-
380 V	MC-9b...MC-150a	380V 50/60 Hz	-
440 V	MC-9b...MC-150a	440V 50/60 Hz	-
100 / 220 V	MC-85a...MC-800a	100-240V 50/60 Hz	100-220V
220 / 220 V	MC-800a	200-240V 50/60 Hz	200-220V



MC-185a



AU-2



AU-1

#### Accesorios para conectores

Descripción	Código
Contacto auxiliar frontal 1NA + 1NC para MC-9...MC-150	AU-2
Contacto auxiliar frontal 2NA + 2NC para MC-9...MC-150	AU-4
Contacto auxiliar lateral 1NA + 1NC para MC-9...MC-150	UA-1
Contacto auxiliar lateral 1NA + 1NC para MC-185...MC-800	AU-100
Enclavamiento mecánico para MC-9a...MC-150a	UR-02
Enclavamiento mecánico para MC-180a...MC-400a	AR-180

#### Contadores auxiliares



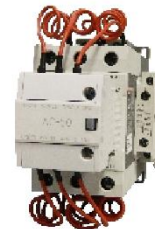
MR-4

Descripción	Código
16A, 4NA 220V 50/60Hz	MR-4ANA
16A, 3NA-1NC 220V 50/60Hz	MR-3NA-1NC
16A, 2NA-2NC 220V 50/60Hz	MR-2NA-2NC

#### Contadores especiales para condensadores

Los contactores LS serie GMC, se pueden utilizar con condensadores agregando el adaptador AC-9 o AC-50, según la tabla

Adaptador	Contactor	Potencia en kVAR		
		220V / 240V	400V / 440V	500V / 550V
AC - 9	MC - 9b	5	9.7	14
	MC - 12b	6.7	12.5	18
	MC - 18b	8.5	16.7	24
	MC - 22b	10	18	26
	MC - 32a	15	25	36
	MC - 40a	20	33.3	48
AC - 50	MC - 50a	20	40	58
	MC - 65a	25	45.7	66
	MC - 75a	29.7	54	78
	MC - 85a	35	60	92
	MC - 100a	37	62	94





## ANEXO E: CATÁLOGO DE BREAKERS TERMO-MAGNÉTICOS DE LA LÍNEA STECK.

### Interruptores Termomagneticos

Los Interruptores Termomagnéticos Steck son equipos de alta tecnología que protegen hilos y cables eléctricos contra cortocircuitos y sobrecargas de corriente.

Tienen contactos especiales en plata que ofrecen garantía de seguridad contra soldadura.



La gama de Interruptores Termomagnéticos Steck es compuesta por 1P – 2P – 3P – 4P de 2 a 125A

Curva de disparo "C"

3kA, 4,5kA, 6kA IEC 60898-1

10 kA IEC 60947-2



Descripción	Capacidad de ruptura Icu (kA)	In (A)	Ancho mod 18mm	Empaque	Código STECK		
Interruptor Termomagnético unipolar 1 P 	IEC 60898-1	3	2	1	12	SD-D61C02	
			4	1	12	SD-D61C04	
			6	1	12	SD-D61C06	
		10	1	12	SD-D61C10		
		16	1	12	SD-D61C16		
		20	1	12	SD-D61C20		
		25	1	12	SD-D61C25		
		32	1	12	SD-D61C32		
		40	1	12	SD-D61C40		
		50	1	12	SD-D61C50		
		63	1	12	SD-D61C63		
		4,5	50	1	12	SDZ-D61C50	
		63	1	12	SDZ-D61C63		
		IEC 60947-2	6	2	1	12	SDZ-D61C02
				4	1	12	SDZ-D61C04
	6			1	12	SDZ-D61C06	
	10			1	12	SDZ-D61C10	
	16			1	12	SDZ-D61C16	
	20			1	12	SDZ-D61C20	
	25		1	12	SDZ-D61C25		
	32		1	12	SDZ-D61C32		
	40		1	12	SDZ-D61C40		
	10		80	1,5	12	SD-D1C80	
			100	1,5	12	SD-D1C100	
			125	1,5	12	SD-D1C125	
	Interruptor Termomagnético bipolar 2 P 	IEC 60898-1	3	2	2	6	SD-D62C02
				4	2	6	SD-D62C04
6				2	6	SD-D62C06	
10			2	6	SD-D62C10		
16			2	6	SD-D62C16		
20			2	6	SD-D62C20		
25			2	6	SD-D62C25		
32			2	6	SD-D62C32		
40			2	6	SD-D62C40		
50			2	6	SD-D62C50		
63			2	6	SD-D62C63		
4,5			50	2	6	SDZ-D62C50	
63			2	6	SDZ-D62C63		
IEC 60947-2			6	2	2	6	SDZ-D62C02
				4	2	6	SDZ-D62C04
		6		2	6	SDZ-D62C06	
		10		2	6	SDZ-D62C10	
		16		2	6	SDZ-D62C16	
		20		2	6	SDZ-D62C20	
		25	2	6	SDZ-D62C25		
		32	2	6	SDZ-D62C32		
		40	2	6	SDZ-D62C40		
		10	80	3	6	SD-D2C80	
			100	3	6	SD-D2C100	
			125	3	6	SD-D2C125	

## ANEXO F: CATÁLOGO DE GUARDAMOTORES DE LA LÍNEA LS

### Relé Térmico MT

Código	Regulación		Contactor	
	Min.	Max.		
MT-32-0.21	0.16	0.25	MC - 9b MC - 12b MC - 18b	
MT-32-0.33	0.25	0.4		
MT-32-0.52	0.4	0.63		
MT-32-0.82	0.63	1		
MT-32-1.3	1	1.6		
MT-32-2.1	1.6	2.5		
MT-32-3.3	2.5	4		
MT-32-5	4	6		
MT-32-6.5	5	8		
MT-32-7.5	6	9		
MT-32-8.5	7	10		
MT-32-11	9	13		
MT-32-15	12	18		
MT-32-19	16	22		
MT-32-21.5	18	25		MC - 22b MC - 32a MC - 40a
MT-32-27	22	32		
MT-32-34	28	40		
MT-63-42	34	50	MC - 50a MC - 65a	
MT-63-54	45	65		
MT-95-65	54	75	MC - 75a MC - 85a MC - 100a	
MT-95-74	63	85		
MT-95-83	70	95		
MT-95-90	80	100		
MT-150-130	110	150	MC - 130a MC - 150a	
MT-225-153	120	185		
MT-225-200	160	240	MC - 185a MC - 225a	
MT-400-265	200	330		
MT-400-350	260	400	MC - 330a MC - 400a	
MT-800-515A	400	630		



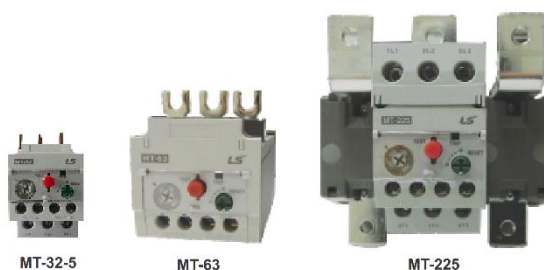
UZ-95/S

UZ-63/S

UZ-32

#### Accesorios

Código	Descripción
Adaptador a Riel DIN para relé térmico MT-32	UZ-32
Adaptador a Riel DIN para relé térmico MT-63	UZ-63/S
Adaptador a Riel DIN para relé térmico MT-95	UZ-95/S
Adaptador a Riel DIN para relé térmico MT-150	UZ-150/S



MT-32-5

MT-63

MT-225

Certificaciones:



### Relé de protección digital para motores, DMPR



DMP-60SZ

Modelo	DMPS - SZ/SZa
Función de alarma	Regulable entre 60 y 110%
Entrada de corriente	6 - 60A y 0.6-6A
Ajuste de tiempo	Positivo Delay (D-T) Inverso Operativo(O-T) Reset
Voltaje	190 a 250VAC
Frecuencia	50/60Hz
Contactos auxiliares	3A /250 VAC para cargas resistivas
Montaje	Riel DIN

#### Protección

*Sobre corriente	* Inversión de fase
*Minima corriente	* Rotor bloqueado
*Secuencia de fase	* Atascamiento
* Falta de fase	* Falta a tierra

Certificaciones:



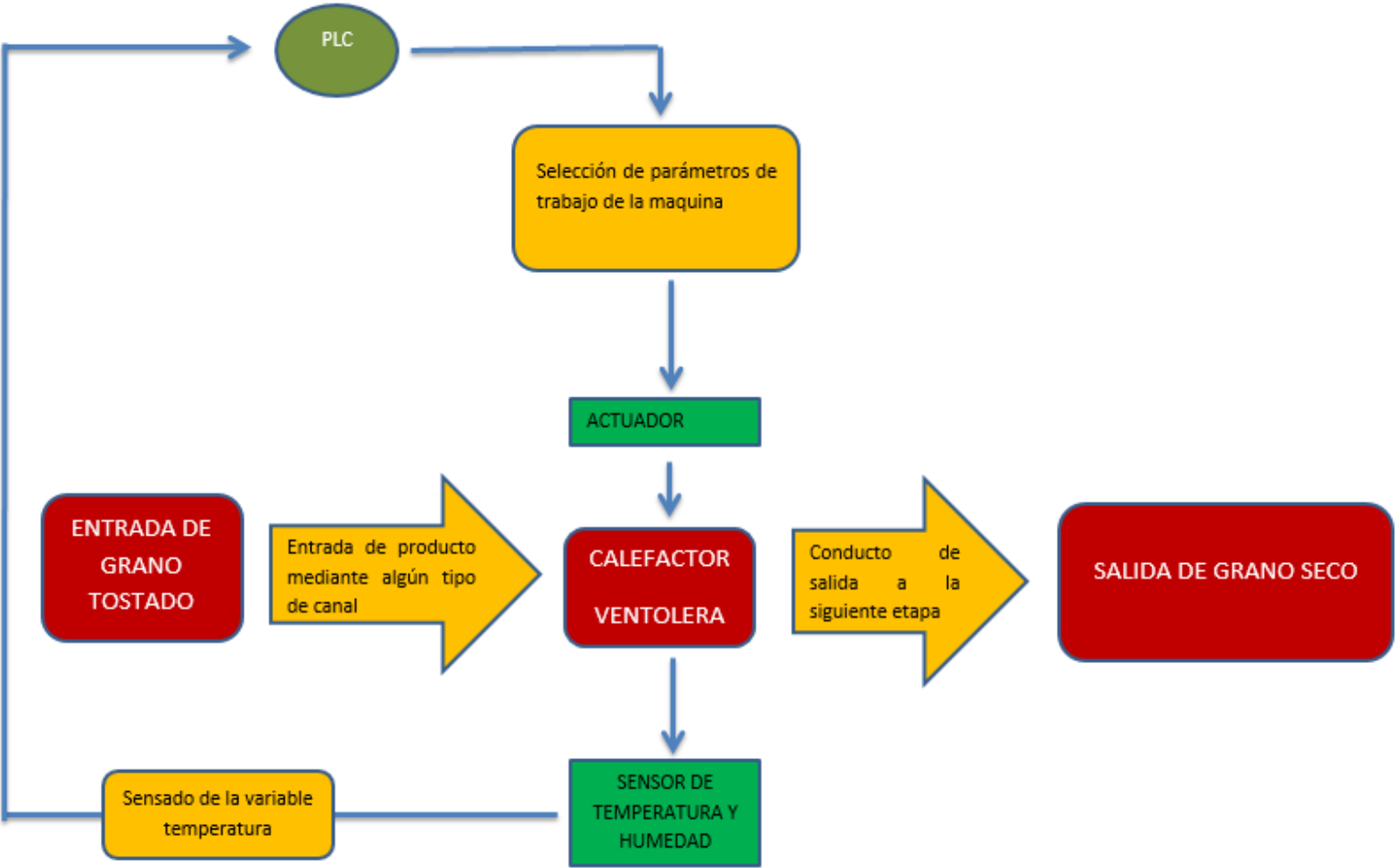
## ANEXO G: DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS, SALIDAS Y MEMORIAS DEL PLC.

START	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.0	True	True
PARO EMERGENCIA	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.1	True	True
MANUAL SELECTOR	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.2	True	True
AUTOMATICO SELECTOR	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.3	True	True
CONFIRMACION	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.4	True	True
TRIP	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.5	True	True
STOP	Tabla de variables estándar	Bool	%I0.6	True	True
SENSOR TEMP	Tabla de variables estándar	Word	%IW64	True	True
M START	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.0	True	True
M PARO	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.1	True	True
M MANUAL SELECTOR	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.2	True	True
M AUTOMATICO SELECTOR	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.3	True	True
M CONFIRMACION	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.4	True	True
M TRIP	Tabla de variables estándar	Bool	%M0.5	True	True
M VENTOLERA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.0	True	True
M NIQUELINA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.1	True	True
M MOTOR PLUMAS	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.2	True	True
M VENTOLERA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.3	True	True
M MOLINO HP	Tabla de variables estándar	Bool	%M1.4	True	True
RECETA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.0	True	True
RECETA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.1	True	True
RECETA 3	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.2	True	True
RECETA 4	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.3	True	True
RECETA 5	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.4	True	True
RECETA 6	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.5	True	True
ACTIVA TIEMPOS RECETA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.6	True	True
ACTIVA TIEMPOS RECETA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M2.7	True	True
TEMP. MAXIMA	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.0	True	True
TEMP. MINIMA	Tabla de variables estándar	Bool	%M20.1	True	True
ACTIVA TIEMPOS RECETA 3	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.0	True	True
ACTIVA TIEMPOS RECETA 4	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.1	True	True
ACTIVA TIEMPOS RECETA 5	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.2	True	True
ACTIVA TIEMPOS RECETA 6	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.3	True	True
APAGAR VENTOLERA	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.4	True	True

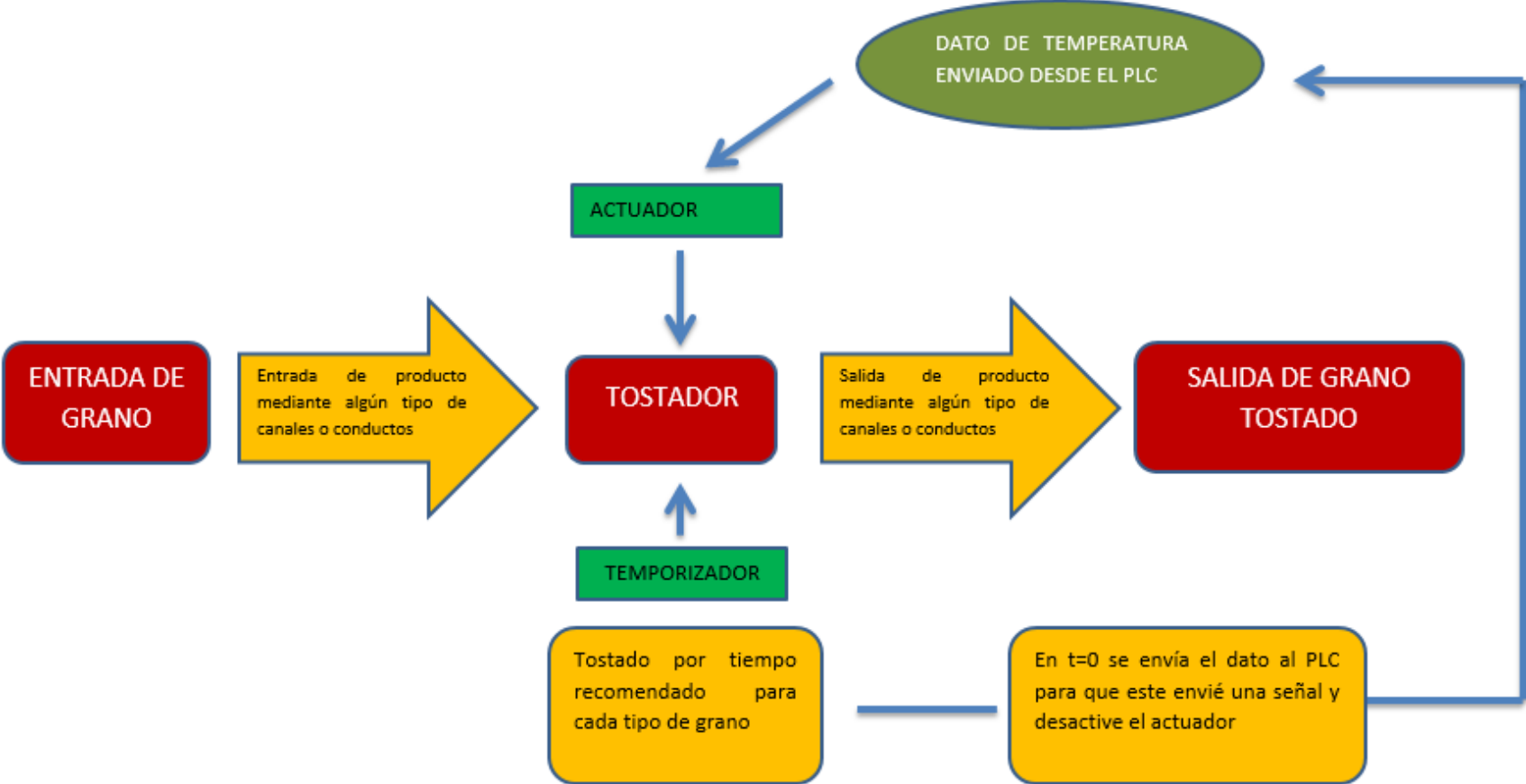
ENCENDER NIQUELINA SIGUIENTE	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.5	True	True
ENCENDER MOTOR PLUMAS SEÑAL ESPERA	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.6	True	True
ENCENDIDO SIGUIENTE	Tabla de variables estándar	Bool	%M3.7	True	True
APAGAR NIQUELINA SIGUIENTE 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.0	True	True
ENCENDIDO SIGUIENTE 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.1	True	True
SEÑAL ESPERA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.2	True	True
APAGAR MOTOR PULMAS	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.3	True	True
ENCENDER MOLINO	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.4	True	True
APAGAR VENTOLERA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.5	True	True
APAGAR MOLINO	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.6	True	True
M STOP	Tabla de variables estándar	Bool	%M4.7	True	True
HMI ON CALEFACTOR	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.0	True	True
HMI ON VENTOLERA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.1	True	True
HMI ON MOTOR PLUMAS	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.2	True	True
HMI ON NIQUELINA	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.3	True	True
HMI ON VENTOLERA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.4	True	True
HMI ON MOLINO	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.5	True	True
HMI OFF CALEFACTOR	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.6	True	True
HMI OFF VENTOLERA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%M5.7	True	True
HMI OFF MOTOR PLUMAS	Tabla de variables estándar	Bool	%M6.0	True	True
HMI OFF NIQUELINA	Tabla de variables estándar	Bool	%M6.1	True	True
HMI OFF VENTOLERA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%M6.2	True	True
HMI OFF MOLINO	Tabla de variables estándar	Bool	%M6.3	True	True
tiempo 1	Tabla de variables estándar	Time	%M6.4	True	True
tiempo 2	Tabla de variables estándar	Time	%MD100	True	True
TIEMPO APAGAR VENT + CALEF	Tabla de variables estándar	Time	%MD200	True	True
TEMPERATURA NORMAL	Tabla de variables estándar	Real	%MD30	True	True
TEMPERATURA ESCALA	Tabla de variables estándar	Real	%MD300	True	True
hmi temp	Tabla de variables estándar	DWord	%MD304	True	True
TIEMPO APAGAR NIQUELINA	Tabla de variables estándar	Time	%MD308	True	True
TIEMPO APAGAR MOTOR PLUMAS	Tabla de variables estándar	Time	%MD31	True	True
			%MD32	True	True

TIEMPO APAGAR VENTOLERA 2	Tabla de variables estándar	Time	%MD33	True	True
TIEMPO APAGAR MOLINO	Tabla de variables estándar	Time	%MD34	True	True
Tag_26	Tabla de variables estándar	Time	%MD35	True	True
Tag_27	Tabla de variables estándar	Time	%MD36	True	True
VENTOLERA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.0	True	True
NIQUELINA 1	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.1	True	True
MOTOR PLUMAS	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.2	True	True
VENTOLERA 2	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.3	True	True
MOLINO HP	Tabla de variables estándar	Bool	%Q0.4	True	True

ANEXO H: DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DE ETAPA DE SECADO.



ANEXO I: DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DE ETAPA DE TOSTADO.



ANEXO J: DIAGRAMA DE BLOQUES DE FUNCIONAMIENTO DE ETAPA DE MOLIDO.

