



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL DE ARRANQUE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ETAPA “ACABADO EN HÚMEDO” PARA EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE CIENCIAS PECUARIAS”

Trabajo de titulación presentado para optar el grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

AUTORES: DAYANA BELÉN CARRILLO CALDERÓN
ANDRÉS FABIÁN CUSHQUICULLMA COLCHA
TUTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

RIOBAMBA - ECUADOR

2016

© 2016, Dayana Belén Carrillo Calderón, Andrés Fabián Cushquicullma Colcha

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

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: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO CON CONTROL DE ARRANQUE Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA ETAPA “ACABADO EN HÚMEDO” PARA EL LABORATORIO DE CURTIEMBRE CIENCIAS PECUARIAS”, de responsabilidad de los señores Dayana Belén Carrillo Calderón y Andrés Fabián Cushquicullma Colcha, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, quedando autorizada su presentación.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Washington Luna E. DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Freddy Chávez V. DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Marco Viteri B. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN
Dr. Geovanny Vallejo MIEMBRO DEL TRIBUNAL
NOTA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Nosotros, Dayana Belén Carrillo Calderón y Andrés Fabián Cushquicullma Colcha, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autores, asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Dayana Belén Carrillo Calderón

C.I. 060581526-5

AUTOR

Andrés Fabián Cushquicullma Colcha

C.I. 060413183-9

AUTOR

Nosotros, DAYANA BELÉN CARRILLO CALDERÓN y ANDRÉS FABIÁN CUSHQUICULLMA COLCHA, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este trabajo de titulación y el patrimonio intelectual del trabajo de titulación pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

Dayana Belén Carrillo Calderón
C.I. 060581526-5

Andrés Fabián Cushquicullma Colcha
C.I. 060413183-9

DEDICATORIA

Dedicado a Dios por su infinita bondad y amor, por darme la sabiduría para culminar la carrera. A mi mamita Rosita quien es mi más grande motivación, mi mejor amiga, una madre extraordinaria que me ha enseñado a ser responsable, a luchar siempre sin importar las adversidades y no dejarme derrumbar por las tristezas y dificultades, por ser mi ejemplo de superación y quien me ha enseñado que con esfuerzo y sacrificio siempre se logra alcanzar los sueños y sobre todo por ser mi apoyo incondicional. A mama Rosita quien ha sido mi guía durante toda la vida, por su cariño infinito, por sus consejos, por ser mi ejemplo de enseñanza, lucha, perseverancia, amor y humildad, por alentarme todos días a ser mejor persona, hija, amiga y a pesar de cualquier problema que se presente siempre seguir adelante.

A mis dos personitas especiales Joseph y Nicole que más que mis hermanos son mis mejores amigos que con sus palabras motivadoras siempre me dan fuerzas y me inspiran para seguir adelante cada día, para poder ser una guía en sus vidas, por sus locuras y alegrías durante toda nuestra vida y que juntos de la mano siempre salimos adelante.

A todas las personas especiales en mi vida, a mis amigos, familiares, compañeros, conocidos quienes de uno u otra manera me ayudaron para poder llegar a cumplir una de mis metas.

Dayana Belén

El trabajo está dedicado para todos quienes de una u otra manera han contribuido para su realización, mis padres quienes me mantienen encaminado, mi familia el pilar que me sostiene ante cualquier adversidad, los profesores que compartieron sus conocimientos, aquellos amigos que me acompañaron en las aulas y fuera de ellas, y finalmente a alguien igual de importante que todo el tiempo me motiva para ser mejor persona.

Andrés Fabián

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por sus infinitas bendiciones, por ser mi guía, darme salud y vida para poder compartir con todos mis familiares un paso importante en mi vida como es la culminación de una de mis metas. A mi mami Rosita por ser la mejor madre del mundo siempre con su sonrisa alegre, por sus consejos, por su esfuerzo infinito y su apoyo en todo momento para poder alcanzar esta meta. A mi abuelita Rosita Elvira por darme las fuerzas necesarias para no decaer, durante todo el transcurso de mi carrera.

A mis hermanos Joseph y Nicole por sus alegrías y ocurrencias, por el apoyo incondicional brindado en todo mi vida y especialmente durante mi carrera, quienes son mi inspiración para seguir adelante. A todos los docentes quienes aportaron en mi formación académica como profesional.

Al Ingeniero Marco Viteri por las sugerencias, apoyo y ayuda en el desarrollo del trabajo. A mis compañeros, amigos por su apoyo y ayuda en el transcurso de la carrera. A la Facultad de Ciencias Pecuarias, por la apertura y colaboración para que este proyecto se lleve a cabo de manera exitosa. A todas las personas quienes me inspiraron a seguir adelante y no rendirme jamás para lograr este objetivo.

Dayana Belén

Agradezco a mis padres por su apoyo, paciencia y sabiduría que me han impartido durante toda mi vida con lo cual he conseguido terminar una etapa más, así también agradezco a mi familia por estar presentes en cada momento con sus mejores intenciones y a los amigos que han compartido conmigo este camino; todos ellos me motivaron a seguir y no rendirme.

Andrés Fabián

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
AUTORIZACIÓN DE REPRODUCCIÓN	ii
FIRMAS DEL TRIBUNAL	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
RESPONSABILIDAD Y COMPARTICIÓN DE DERECHOS	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO	vii
TABLA DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
RESUMEN.....	xx
SUMMARY	xxi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1 MARCO TEÓRICO REFRENCIAL.....	7
1.1 Curtiembres o Curtidurías.....	7
1.2 Proceso de curtición	7
1.2.1 Operaciones de Ribera	8
1.2.2 Operaciones de Curtido.....	8
1.2.3 Operaciones de Acabado en húmedo.....	8
1.2.4 Operaciones de Acabado en seco.....	9

1.2.5	<i>Bombos o Fulones</i>	9
1.3	Etapa de Acabados en húmedo	11
1.3.1	<i>Rehumectación</i>	11
1.3.2	<i>Neutralizado</i>	12
1.3.3	<i>Recurtido</i>	12
1.3.4	<i>Engrase</i>	12
1.3.5	<i>Tinturado</i>	13
1.4	Automatización Industrial	13
1.4.1	<i>Objetivos de la Automatización</i>	14
1.4.2	<i>Tipos de Automatización</i>	14
1.4.3	<i>Niveles de Automatización</i>	16
1.4.4	<i>Etapas para un proyecto de una automatización</i>	18
1.5	Controlador Lógico Programable	21
1.5.1	<i>Elementos Básicos</i>	22
1.5.2	<i>Clasificación</i>	25
1.5.3	<i>Ventajas</i>	26
1.5.4	<i>PLC Panasonic FPOR</i>	26
1.5.5	<i>PLC Panasonic FPOR- C14MRS</i>	28
1.6	Interfaz Hombre- Máquina	29
1.6.1	<i>Tipos de HMI</i>	31
1.6.2	<i>Funciones del HMI</i>	31
1.6.3	<i>Pantalla Panasonic GT02</i>	32
1.7	Eficiencia Energética	34
1.7.1	<i>Eficiencia en motores de inducción</i>	34
1.7.2	<i>Ahorro energético en los variadores de frecuencia</i>	38
1.7.3	<i>Norma de la eficiencia energética en motores de corriente alterna</i>	38
1.8	Variador de Frecuencia	39
1.8.1	<i>Selección para un variador de frecuencia</i>	40
1.8.2	<i>Aplicaciones de variadores de frecuencia</i>	41

1.8.3	<i>Ventajas del uso de variadores de frecuencia</i>	41
1.8.4	<i>Variador de Frecuencia Sinamics G110</i>	41
1.9	Arranque de motores eléctricos de inducción	43
1.9.1	<i>Modos de Arranque de un motor trifásico o de inducción</i>	43
1.10	Sistemas de transmisión de potencia	50
1.10.1	<i>Trasmisión mediante correas o bandas</i>	50
1.10.2	<i>Transmision mediante cadenas</i>	51
1.10.3	<i>Transmisión mediante engranajes</i>	51
1.11	Contactador Eléctrico	52
1.11.1	<i>Partes del contactor</i>	52
1.11.2	<i>Selección del contactor</i>	53
1.11.3	<i>Categorías de empleo</i>	54
1.12	Elementos de maniobra y protección	55
1.12.1	<i>Elementos de maniobra</i>	55
1.12.2	<i>Elementos de protección</i>	57

CAPÍTULO II

2	MARCO METODOLÓGICO	59
2.1	Análisis de sistema actual	59
2.1.1	<i>Diagnóstico de la estructura del espacio de trabajo</i>	59
2.1.2	<i>Mantenimiento y Readecuación del área de trabajo</i>	60
2.2	Diseño del sistema eléctrico	66
2.2.1	<i>Dimensionamiento de conductores</i>	66
2.2.2	<i>Selección del breaker</i>	68
2.2.3	<i>Diseño del diagrama del circuito de mando o control</i>	69
2.2.4	<i>Diseño del diagrama del circuito de fuerza o potencia</i>	70
2.2.5	<i>Diseño de la distribución de elementos en el tablero de control</i>	71
2.3	Implementación del sistema eléctrico en el tablero de control	72

2.3.1	<i>Distribución de elementos del tablero de control</i>	72
2.4	Programación del PLC FPOR-C14MRS	76
2.4.1	<i>Entorno de programación FPWIN PRO</i>	76
2.4.2	<i>Configuración y programación</i>	76
2.5	Programación de la HMI GT02	80
2.5.1	<i>Configuración</i>	80
2.5.2	<i>Pantalla inicial</i>	81
2.5.3	<i>Pantalla de Recetas de acabado en húmedo</i>	82
2.5.4	<i>Pantalla parámetro del temporizador</i>	83
2.6	Configuración del variador de frecuencia SINAMICS G110	84
2.6.1	<i>Dimensionamiento</i>	84
2.6.2	<i>Parámetros de configuración</i>	85
2.6.3	<i>Control por entradas digitales</i>	88

CAPÍTULO III

3	MARCO DE RESULTADOS Y ANÁLISIS	89
3.1	Análisis de las mediciones eléctricas del sistema anterior	89
3.1.1	<i>Arranque directo del bombo sin carga</i>	89
3.1.2	<i>Arranque directo del bombo con carga de 60kg</i>	92
3.2	Análisis de las mediciones eléctricas del sistema actual	94
3.2.1	<i>Arranque por VFD del bombo sin carga</i>	94
3.2.2	<i>Arranque por VFD del bombo con carga de 60kg</i>	96
3.3	Cálculo de la eficiencia del motor	98
3.3.1	<i>Arranque directo</i>	98
3.3.2	<i>Arranque por VFD</i>	100
3.4	Cálculo de consumo de energía del sistema anterior y el actual	102
3.4.1	<i>Sistema anterior</i>	102
3.4.2	<i>Sistema actual</i>	103

3.5 Análisis comparativo entre la eficiencia energética del sistema anterior y el actual 104

CONCLUSIONES..... 106

RECOMENDACIONES..... 107

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1	Especificaciones Generales del PLC FPOR-C14MRS	28
Tabla 2-1	Especificaciones Generales GT02	33
Tabla 3-1	Características y funciones de SINAMICS G110.....	42
Tabla 1-2	Detalles de los parámetros del variador	85
Tabla 1-3	Mediciones eléctricas durante el arranque directo del bombo sin carga.....	90
Tabla 2-3	Mediciones eléctricas arranque directo del bombo con carga de 60kg.....	92
Tabla 3-3	Mediciones eléctricas arranque por VFD del bombo vacío.....	94
Tabla 4-3	Mediciones eléctricas arranque VFD del bombo con carga de 60kg.....	96
Tabla 5-3	Consumos de energía del sistema anterior y actual	104

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1-1	Curtiembre o Tenería	7
Figura 2-1	Fases para el proceso de la curtición	8
Figura 3-1	Bombos o fulones para curtiembre.....	9
Figura 4-1	Limitaciones de un bombo convencional	10
Figura 5-1	Datos técnicos para bombos de recurtición, tintura y engrase	11
Figura 6-1	Fases de la etapa Acabados en húmedo.....	11
Figura 7-1	Automatización Industrial	13
Figura 8-1	Pirámide de Automatización Industrial	17
Figura 9-1	Fases para un proyecto de automatización	19
Figura 10-1	Rol de tarea del Operario	21
Figura 11-1	Estructura del PLC	23
Figura 12-1	PLC Panasonic FPOR-C14MRS	28
Figura 13-1	Interfaz Hombre-Máquina.....	29
Figura 14-1	Disciplinas en la interacción hombre-máquina	30
Figura 15-1	Pantalla GT02.....	32
Figura 16-1	Dimensiones de la GT02	32
Figura 17-1	Eficiencia del motor carga parcial.....	35
Figura 18-1	Factor de potencia del motor en función del porcentaje de amperaje	35
Figura 19-1	Curva de eficiencia de un motor.....	38
Figura 20-1	Curva de las clases de eficiencia en motores	39
Figura 21-1	Variador de frecuencia	40
Figura 22-1	Variador de frecuencia SINAMICS G110	42
Figura 23-1	Diagrama de conexión de un arranque directo	43
Figura 24-1	Curva de voltaje en un arranque directo.....	44
Figura 25-1	Curva de intensidad en un arranque directo	44
Figura 26-1	Curva de par en un arranque directo	45
Figura 27-1	Diagrama de conexión del arranque con variador	45
Figura 28-1	Curva de voltaje en un arranque con variador.....	46
Figura 29-1	Curva de intensidad en un arranque con variador	46
Figura 30-1	Curva de par en un arranque con variador	47
Figura 31-1	Diagrama de conexión de un arranque suave	48
Figura 32-1	Curva de tensión en un arranque suave	48
Figura 33-1	Curva de intensidad en un arranque suave	49
Figura 34-1	Curva de par en un arranque suave	49

Figura 35-1	Transmisión por Correas o bandas	50
Figura 36-1	Transmisión por Cadenas	51
Figura 37-1	Transmisión por engranajes	51
Figura 38-1	Contactador Eléctrico.....	52
Figura 39-1	Pulsador Eléctrico	55
Figura 40-1	Lámpara de señalización	56
Figura 41-1	Conductores Eléctricos.....	56
Figura 42-1	Interruptor Magnetotérmico	57
Figura 43-1	Interruptor diferencial	58
Figura 44-1	Fusibles	58
Figura 1-2	Bombo de Acabados en Húmedo FCP-ESPOCH	60
Figura 2-2	Bombo previo al mantenimiento	61
Figura 3-2	Lijado correspondiente del bombo	61
Figura 4-2	Barnizado correspondiente del bombo	62
Figura 5-2	Estado actual de la tapa antes del mantenimiento	62
Figura 6-2	Tapa nueva para el bombo.....	63
Figura 7-2	Implementación de la tapa en el bombo	63
Figura 8-2	Eje del bombo con grasa obsoleta	64
Figura 9-2	Limpieza y engrasado de los ejes del bombo	64
Figura 10-2	Motor con ruptura en su eje.....	65
Figura 11-2	Motor de 3HP Siemens para el reemplazo	65
Figura 12-2	Tabla para el cálculo del calibre de conductores eléctricos IUSA	67
Figura 13-2	Tabla de selección disyuntores por corriente nominal	68
Figura 14-2	Diagrama de conexión del circuito de mando	69
Figura 15-2	Diagrama de conexión del circuito de fuerza.....	70
Figura 16-2	Diseño parte externa del tablero de control.....	71
Figura 17-2	Diseño parte interna del tablero de control	71
Figura 18-2	Distribución de canaletas y riel DIN	72
Figura 19-2	Cableado de los dispositivos electrónicos	73
Figura 20-2	Colocación de la pantalla HMI y botoneras	73
Figura 21-2	Cableado de la pantalla HMI y botoneras	74
Figura 22-2	Parte frontal del tablero de control	74
Figura 23-2	Vista de la parte interior del tablero terminado	75
Figura 24-2	Vista de la parte externa del tablero terminado	75
Figura 25-2	Ventana principal FPWIN.....	76

Figura 26-2	Diagrama de flujo para la programación del proceso.....	77
Figura 27-2	Ventana para la creación de un nuevo proyecto.....	77
Figura 28-2	Ventana para selección del tipo de PLC.....	78
Figura 29-2	Configuración puerto de programación.....	78
Figura 30-2	Configuración de la comunicación.....	78
Figura 31-1	Declaración de variables globales	79
Figura 32-2	Creación del archivo.....	80
Figura 33-2	Configuración de parámetros de comunicación	80
Figura 34-2	Pantalla de inicio HMI	81
Figura 35-2	Pantalla Menú principal HMI.....	81
Figura 36-2	Pantalla Submenú recetas.....	82
Figura 37-2	Pantalla receta para vestimenta	82
Figura 38-2	Pantalla receta para calzado	83
Figura 39-2	Pantalla receta para charol acuoso.....	83
Figura 40-2	Pantalla del temporizador.....	84
Figura 41-2	Bornes de conexión	88
Figura 1-3	Curva corriente vs tiempo en el arranque directo sin carga	91
Figura 2-3	Curva voltaje vs tiempo en el arranque directo sin carga.....	91
Figura 3-3	Curva corriente vs tiempo en el arranque directo con carga	93
Figura 4-3	Curva voltaje vs tiempo en el arranque directo con carga.....	93
Figura 5-3	Curva corriente vs tiempo del arranque por VDF sin carga.....	95
Figura 6-3	Curva voltaje vs tiempo del arranque por VDF sin carga	95
Figura 7-3	Curva corriente vs tiempo del arranque por VDF con carga.....	97
Figura 8-3	Curva voltaje vs tiempo del arranque por VDF con carga	97
Figura 9-3	Comparación entre la eficiencia energética del sistema actual y anterior.....	105

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ESPOCH	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo
FCP	Facultad de Ciencias Pecuarias
PLC	Controlador Lógico Programable
HMI	Interfaz Hombre-Máquina
CPU	Unidad Central de Procesamiento
LD	Ladder
RS232	Estándar Recomendado 232
BOP	Basic Operator Panel
CT	Puesta en servicio, listo para la marcha
CUT	En marcha, servicio, Listo para la marcha
DIP	Interruptor DIP
JOG	Marcha a Impulsos
P	Parámetros
NA	Normalmente Abierto
I/O	Entradas y Salidas
Fn	Funciones
AC	Corriente Alterna
DC	Corriente Continua
V	Voltios
A	Amperios
W	Vatios
P	Potencia
Hz	Hertzios
HP	Horse Power
kW	Kilovatios
kg	kilogramos
VAC	Voltaje de Corriente Alterna
VDC	Voltaje de Corriente Directa
GND	Tierra
AWG	American Wire Gauge
RPM	Revoluciones por minuto
POU	Unidad de Organización de Programa
DUT	Estructura de Datos
GVL	Lista de Variables Globales

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1	Ecuación para calcular la fuerza centrífuga	10
Ecuación 2-1	Ecuación potencia eléctrica de entrada	36
Ecuación 3-1	Ecuación potencia de entrada a carga nominal	36
Ecuación 4-1	Ecuación para calcular el porcentaje de carga del motor	36
Ecuación 5-1	Ecuación de la eficiencia del motor	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo A** Manual de Instalación y Puesta en Marcha
- Anexo B** Manual de Usuario
- Anexo C** Programación del PLC en lenguaje Ladder
- Anexo D** Información Técnica del PLC FPOR
- Anexo E** Información Técnica del Sinamics G110
- Anexo F** Información Técnica del Contactor Siemens 3RT2016-1AP01
- Anexo G** Información Técnica de la fuente de poder Delta PMC-24V 100W 1AA
- Anexo H** Cable Panasonic PLC RS232 TOOL-Port
- Anexo I** Diseño del bombo “acabado en húmedo” automatizado en SolidWorks
- Anexo J** Planos eléctricos
- Anexo K** Mediciones eléctricas tomadas en el sistema anterior
- Anexo L** Mediciones eléctricas tomadas en el sistema actual

RESUMEN

Implementación de un sistema automatizado con control de arranque y eficiencia energética en la etapa “Acabado en Húmedo” para el Laboratorio de Curtiembre de Piel de la Facultad de Ciencias Pecuarias. En el laboratorio de Curtiembre de la Facultad de Ciencias Pecuarias, la etapa de acabado en húmedo contaba con un sistema deteriorado; mediante un método analítico se evaluó el sistema identificando los defectos en el área mecánica, eléctrica y electrónica. La automatización se inició con el dimensionamiento y selección de dispositivos, continuando con el diseño de esquemas eléctricos de cableado y elaboración del tablero de control. Se utilizó un controlador lógico programable (PLC) para el control del sistema, con una interfaz hombre-máquina (HMI) el usuario accede a dos funciones una para ejecutar recetas programadas, y otra para digitar el tiempo de funcionamiento requerido se incluyó en el gabinete dos pulsadores que activan el motor a una frecuencia de 55Hz y 15Hz respectivamente y un pulsador que detendrá el motor; en el variador de frecuencia se configuró parámetros para el control de arranque del nuevo motor. Con el sistema en funcionamiento se tomaron mediciones eléctricas de corriente y voltaje de entrada al motor de 3HP con el bombo sin carga y posteriormente con un peso de 60kg, tal y como se hizo con el motor antiguo de 2HP; con los datos obtenidos se trazaron curvas para su análisis y se promediaron para realizar los cálculos de rendimiento y eficiencia energética. Se concluyó a partir del análisis comparativo de las curvas que con el variador de frecuencia se evita picos de corriente en el arranque; permitiendo un rendimiento del 80% para el nuevo motor y una eficiencia energética del 16%. Se recomienda el uso del manual de usuario para entender el funcionamiento del sistema automatizado y evitar daños en el sistema.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <INGENIERÍA DEL CONTROL AUTOMÁTICO>, <AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS>, <EFICIENCIA ENERGÉTICA>, <ACABADO EN HÚMEDO>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <CONTROL DE ARRANQUE>

SUMMARY

The application of an automated system with boot up control and energy efficiency in the “wet finish ” stage for the leather tannery laboratory of the Livestock Sciences Faculty. In the leather tannery laboratory of the Livestock Sciences Faculty, the wet finish stage relied on a deteriorated system; the system was evaluated by means of an analytical method through which defects in the mechanical, electrical and electronic areas were identified. The automation began with the sizing and selection of the devices, followed by the designing of electric schematics, cabling and the elaboration of the control panel. A programmable logic controller (PLC) was used for system control with a human machine interface (HMI). Through the interface, the user accesses two functions: one to execute programmed instructions, and another to key in the required functioning time. Two pushbuttons were included in the cabinet which activate the motor with a frequency of 55Hz and 15Hz correspondingly, as well as a pushbutton for the motor; parameters for controlling the start up of the motor were configured in the variable frequency drive. With the system running, measurements were taken of the electric current and input voltage to the 3HP motor with the drum discharged and later with a weight of 60kg, just as it was done with the old 2HP motor; with the gathered data, curves were plotted for its analysis and averaged in order to calculate performance and energy efficiency. It was concluded by performing the comparative analysis of the curves that with the variable frequency drive avoided electrical current surges at boot up; this allows for a performance of 80% for the new motor and an energy efficiency of 16%. The use of the user’s manual is recommended in order to understand how the automated system functions and to avoid system damage.

KEY WORDS: <ENGINEERING TECHNOLOGY AND SCIENCES>, <AUTOMATED CONTROL ENGINEERING>, <AUTOMATION OF PROCESSES>, <ENERGY EFFICIENCY>, <WET FINISH>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)>, < BOOT UP CONTROL>

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

Con el desarrollo industrial y los avances tecnológicos la automatización en los procesos se vuelve cada día más preciso, competente y eficiente haciendo que la industria de la producción tenga un incremento en la calidad, favoreciendo de esta manera la elaboración de productos de toda clase. La automatización tiene como finalidad incrementar la capacidad de la maquinaria donde se ejecutan tareas de producción, optimizando y cuidando la calidad del producto.

En la actualidad la utilización de artículos de origen animal “cuero” son una tendencia a nivel mundial por las ventajas que ofrecen ante los productos sintéticos dando al país la oportunidad de exportar productos nuevos e innovadores apreciados en el mercado mundial, debido a la demanda en los últimos años la industria de la curtiduría se encuentra en un proceso de modernización tecnológica que permite conseguir niveles elevados de producción con mayor calidad.

La industria de la curtiembre con lleva a una serie de métodos para el proceso de la curtición que tiene como finalidad convertir a la piel de los animales en un producto útil, en el Ecuador existen aproximadamente 15 curtiembres ubicadas en su mayoría en la ciudad de Ambato provincia de Tungurahua, dedicadas a la elaboración y comercialización de artículos de cuero, que cuentan en su mayoría con maquinaria controlada de alto nivel tecnológico optimizando recursos y tiempo.

La Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ubicada en la ciudad de Riobamba la Facultad de Ciencias Pecuarias cuenta con el “Laboratorio de Curtiembre de Pieles”, donde se realiza el proceso de la curtición, dentro de todo el ciclo de producción se ejecuta una serie de etapas para tratar y convertir las pieles de distintos animales en un material con características propias, una de las etapas más importantes de la curtición es la de acabado en húmedo.

La etapa inicia después del rebajado con operaciones de lavado, tiene como finalidad de que los compuestos químicos sean introducidos en el colágeno, este procedimiento con lleva cinco fases una a continuación de la otra que se ejecutan en el bombo con una capacidad de carga promedio de 60kg que arranca con un motor bifásico de corriente alterna (AC).

El proceso se encuentra funcionando sin ningún tipo de control para el accionamiento, arranque y paro del mecanismo, además no cuenta con protecciones eléctricas; este proceso se lo realiza de forma manual dando como consecuencia que la ejecución del proceso que se lleve a cabo comprometa la seguridad del operario y la máquina además de pérdidas de tiempo.

Al no existir ningún control en todo el transcurso del procesamiento da como consecuencia una reducción de la eficiencia, desgastes mecánicos y averías en el motor de corriente alterna además de pérdidas de recursos. El estado del bombo se encuentra en deterioro existiendo fugas de agua en el lavado durante el rodaje debido a que la tapa del fulón no se está asegurando correctamente, esto se debe a la falta de mantenimiento que se le da al bombo después de cada procedimiento.

Motivo por el cual se propuso implementar un sistema automatizado con control de arranque en la puesta en marcha de la etapa de acabados en húmedo asegurando una eficiencia en el motor eléctrico de corriente alterna además de eliminar la etapa manual con la finalidad de controlar el funcionamiento de manera eficaz y eficiente, evitando una supervisión constante por parte del operario en todo el transcurso del proceso.

Formulación Del Problema

¿Cómo se puede controlar el arranque y mejorar la eficiencia del motor para asegurar la operación del sistema automatizado?

Sistematización Del Problema

- ¿Cuál es el estado actual de funcionamiento de la máquina que realiza la etapa de acabado en húmedo?
- ¿Qué requerimientos tiene la etapa y como se va a satisfacer con la implementación del sistema automatizado?
- ¿Cómo realizar el dimensionamiento y selección de dispositivos eléctricos y electrónicos?
- ¿Cómo realizar un análisis de la eficiencia energética del motor en la puesta en marcha de la etapa de acabado en húmedo?
- ¿Qué beneficios existen al aplicarle al motor un arranque con variador de frecuencia?

Justificación

Justificación Teórica

La alta demanda en la utilización de artículos de pieles de animales, ha dado origen a la creación de métodos tecnológicos para obtener productos de calidad y facilidad en el procesamiento del cuero terminado, dando así solución a los problemas de control y monitoreo de las variables que intervienen en la ejecución de tal proceso, con la implementación de un sistema automatizado se mejora la cadena de producción.

En el Laboratorio de Curtiembre de Pieles el procedimiento de la curtición se trabaja en pieles de especies menores tales como ovinas, bovinas, caprinas, porcinas, peces, cuyes, conejos etc., la fase final de la curtición es la etapa de acabado en húmedo que consiste en cinco fases rehumectación, neutralizado, recurtido, engrase y tinturado.

La rehumectación sirve para eliminar la suciedad que recoge la piel después del rebajado, el neutralizado separa las sales del colágeno, el recurtido es la modificación de la curtición original previamente realizada, el engrase tiene el propósito de entregar suavidad a la piel haciéndola más resistente y evitando rupturas, el tinturado es el ciclo más complejo de esta etapa que consiste en adherir distintos colorantes a la piel determinando así el acabado que tendrá el producto final.

Todas estas operaciones son tareas mecánicas para dar forma y alisar la piel además de la utilización de métodos químicos para colorear, lubricar, suavizar y aplicar un acabado superficial en el cuero terminado, se desarrollan mediante un arranque del mecanismo de manera manual, con esta problemática se pretende buscar la manera de controlar de forma eficiente la etapa conociendo que son ejecutadas independientemente y dependen de la velocidad del motor.

Al realizar la automatización del proceso de la etapa de acabados se pretende eliminar la operación de manera manual controlando el arranque del motor del fulón o bombo, optimizando el proceso además de generar una eficiencia energética asegurando un menor consumo de energía eléctrica como de la máquina.

Para controlar el proceso se utilizara un controlador lógico programable o PLC que es un dispositivo electrónico, el cual realiza un programa principal que se ejecuta completamente en forma cíclica en un software que depende del modelo del controlador.

El dispositivo está diseñado para controlar en tiempo real los procesos, además de que brinda control preciso, velocidad de respuesta rápida, fácil instalación y mantenimiento, para entornos industriales con menos consumo de energía; establecidos para el control de procesos secuenciales, es decir, procesos compuestos de varias etapas consecutivas con la finalidad de lograr que una máquina o cualquier otro tipo de dispositivo funcione de manera automática.

El uso de una interfaz hombre-máquina (HMI) facilita el monitoreo, control y visualización del procesamiento por parte del usuario, en otras palabras, es el sistema automático que permita la interacción entre el humano y la máquina.

Mediante la entrada de datos brinda un control más preciso en tiempo real, además de contar con procesamiento de información que muestra los resultados adquiridos del proceso. Brinda ciertas ventajas como la capacidad de almacenar a cierta frecuencia datos con la finalidad de corregirlos y optimizarlos, el manejo de alarmas detectando posibles inconvenientes en la producción.

El variador de frecuencia controla la velocidad del motor en el arranque generando una eficiencia en el mecanismo y ahorro de energía, el variador de frecuencia es un dispositivo electrónico que tiene la capacidad de regular y controlar la velocidad de los motores eléctricos de corriente alterna o de inducción, consiste en controlar la frecuencia de alimentación suministrada por el motor de corriente alterna.

Las ventajas para el uso del variador de frecuencia está en el control de aceleración y desaceleración, arranques más suaves, ahorro en el consumo de energía eléctrica y mantenimiento, operación en velocidades variables o constantes y el mejoramiento en los procesos de producción.

El desarrollo de todo este proceso ayudara a mejorar la eficiencia actual en el arranque del motor de corriente alterna e implementar un sistema automatizado para la etapa de acabado en húmedo que ejecuta sus operaciones tomando tiempos considerables en cada una de ellas y dependiendo del tipo de piel que se efectuará en el proceso.

Justificación Aplicativa

El sistema implementado tendrá la capacidad de realizar un control de arranque y paro del motor eléctrico generando una eficiencia energética mediante el uso del variador de frecuencia y el análisis de las curvas de carga dadas por las mediciones tomadas del arranque directo y arranques suaves del motor.

Con el variador de frecuencia se logra reducir el consumo de energía, aplicar arranques suaves los que optimizan las secuencias de arranques y paro, reduciendo así el desgaste mecánico del motor y alargando su vida útil; además proporciona datos de velocidad nominal, frecuencia nominal, voltajes nominales, potencia, corriente nominal, tiempo de aceleración y desaceleración.

Conociendo que el proceso consiste en ingresar pieles previamente tratadas con productos químicos y baños de agua, el bombo se hecha a rodar por un tiempo dependiendo de la etapa y técnica de acabado que se use por lo tanto el sistema automatizado permite controlar y monitorear las variables dependientes e independientes del proceso.

Existirá la opción de accionamiento y paro por pulsadores; además constará de opciones de programación manual de tiempo de funcionamiento y paro automático, la opción de plantillas de procesos (recetas) donde se podrá escoger el proceso a llevar a cabo y accionarlo, mismas que serán mostradas mediante una estación de visualización o interfaz hombre máquina (HMI) que se comunicara con el controlador lógico programable.

El propósito es dar facilidad a la persona para seleccionar las secuencias de operación, lo cual se consigue dimensionando adecuadamente los dispositivos eléctricos y electrónicos que utilizaremos en la implementación del sistema.

Es de suma importancia tener un control en el arranque del motor eléctrico, además de tener un sistema automatizado para la etapa con todos los datos de lavado y tiempo que se realizan en el proceso con diferentes tipos de recetas, con el fin de obtener beneficios y facilidad en la ejecución del procedimiento y funcionamiento del bombo, reduciendo tiempos y favoreciendo a la persona que se encuentra desarrollando el proceso de los acabados en húmedo.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema automatizado con control de arranque y eficiencia energética en la etapa “Acabado en Húmedo” para el Laboratorio de Curtiembre de Pieles de la Facultad de Ciencias Pecuarias.

Objetivos Específicos

- Determinar los requerimientos para la implementación de un sistema automatizado de la etapa de “Acabado en Húmedo” con el propósito de desarrollar plantillas de procesos.
- Analizar mediciones eléctricas tomadas durante el arranque directo y arranque suave para determinar la eficiencia del motor.
- Determinar la máxima eficiencia de consumo de energía del motor mediante un análisis de curvas de carga.
- Realizar un análisis comparativo entre la eficiencia energética del sistema actual con el sistema anterior.
- Dimensionar el variador de frecuencia para el control de la eficiencia energética del motor.
- Programar una estación de visualización para monitoreo y selección de plantillas de procesos.
- Elaborar manuales de usuario de acuerdo a los requerimientos del sistema.

CAPÍTULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1 Curtiembres o Curtidurías

Una curtiembre o curtiduría es el espacio físico o entorno en donde se lleva a cabo el proceso de transformar las pieles de distintos animales en cuero, este procedimiento es conocido como curtición que consiste en limpiar las pieles, curtirlos con agentes químicos, recurtimiento o recurtido y el acabado para su finalización.



Figura 1-1 Curtiembre o Tenería

Fuente: <http://www.curtidosfischer.cl/>

1.2 Proceso de curtición

El curtido es el procedimiento mediante el cual la estructura de la piel es tratada con agentes químicos naturales o sintéticos tales como: sales de cromo, sales vegetales, etc., y agua para transformarlo en un material flexible, duradero, resistente denominado “cuero”, este proceso va a depender del tipo de piel que será procesada como puede ser vacuna, porcina, ovina, caprina, bovina, etc.

En la figura 2-1 se indica las fases que se ejecuta en la curtición.

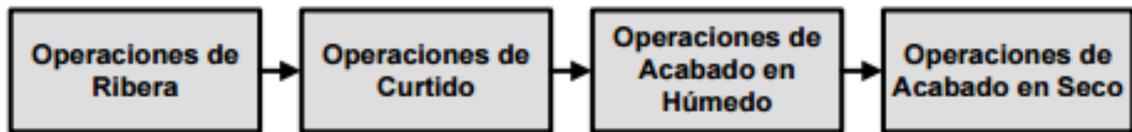


Figura 2-1 Fases para el proceso de la curtición

Fuente: <http://web.ciatec.mx/>

1.2.1 Operaciones de Ribera

Esta fase se lleva a cabo en presencia de un mayor consumo de agua y un elevado pH que consiste en la eliminación del pelo o lana; la piel es tratada, limpiada y acondicionada para poder usarse químicos antes de comenzar el proceso de la curtición. Se emplea sulfuro de sodio y cal que permite la eliminación de la epidermis y el pelo que lo recubre. Se compone de los pasos siguientes: recorte, remojo, pelambre, desencalado, descarnado, desengrase.

1.2.2 Operaciones de Curtido

El curtido es la etapa en la cual se estabiliza el colágeno de la piel utilizando agentes minerales o vegetales siendo las sales de cromo las más usadas, transformándola en cuero, esto dependerá siempre del tipo de piel que vaya a ser tratada. El consumo de agua es bajo a comparación de la etapa de ribera con un pH neutro. Al terminar la etapa se obtiene el conocido “wet blue”.

1.2.3 Operaciones de Acabado en húmedo

Esta etapa consiste en un reprocesamiento del colágeno ya estabilizado que se encarga de modificar las propiedades del cuero para poder darle un aspecto de suavidad, flexibilidad, resistencia, llenura y cuerpo al cuero etc., dependiendo del artículo, se emplea con diferentes tipos de curtientes vegetales o sintéticos en combinación o no con el cromo.

1.2.4 Operaciones de Acabado en seco

Esta operación se encarga del tratamiento mecánico del lado flor y el descarne, consiste en la aplicación de anilinas o pigmentos, planchado y grabado, sacudido, pulido o esmerilado, etc., con la finalidad de entregarle al cuero el aspecto final y otorgándole características de apariencia visual, sensibilidad al tacto y resistencias físicas.

El proceso de curtición de pieles se maniobra siempre en tambores o bombos.

1.2.5 Bombos o Fulones

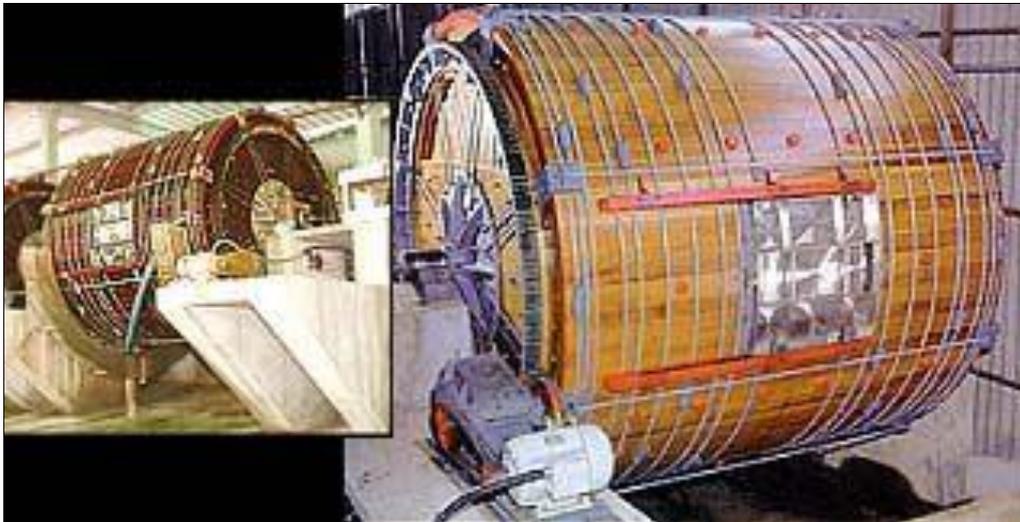


Figura 3-1 Bombos o fulones para curtiembre

Fuente: <http://www.cuernet.com/>

Los bombos o fulones basan su funcionamiento en la fuerza de rotación, que dependen del diámetro y el peso de la carga alcanzando el efecto mecánico al ser girados al 66 % de la fuerza centrífuga logrando una parábola en el movimiento de los cueros, en otras palabras, el levantamiento y caída de los mismos, formándose un ovillo de cueros en el centro del tambor que debe ser permanente para que el efecto mecánico producido sea uniforme.

La velocidad que tendrá el bombo dependerá del tamaño, se basa en el efecto mecánico de rotación de un cuerpo conocido como la fuerza centrífuga. Para poder calcular la fuerza centrífuga se usa la ecuación 1-1.

Ecuación 1-1 Ecuación para calcular la fuerza centrífuga

$$F_c = m \cdot w^2 \cdot r$$

Donde:

F_c = Fuerza centrífuga

m = Masa

w^2 = Velocidad angular

r = Radio

1.2.5.1 Limitaciones de un bombo convencional

Diámetro de bombo (m.)	Efecto batiente (r.p.m.)	Límite inferior para efecto batiente y superior para efecto friccionante (r.p.m.)
2,70	17,70	15,00
3,00	16,70	14,20
4,00	14,35	12,20
4,20	14,00	12,00
4,50	13,50	11,50

Figura 4-1 Limitaciones de un bombo convencional

Fuente: www.indigoquimica.es

Una limitación importante es la cantidad de energía o potencia necesaria que involucra transportar toda la carga, lo que conlleva el uso de motores excesivamente grandes y por tanto graves consumos.

1.2.5.2 Bombos para Recurtición, Tintura y Engrase

Los bombos para recurtición, tintura y engrase pueden presentar los siguientes datos técnicos mostrados en la figura 5-1.

Dimensión Dxl (mm.)	Volumen total interno (litros)	Volumen útil "a ejes" (Litros)	Capacidad de carga (kg.)	Potencia motor HP (Kw)
2250 x 2100	7.400	3.400	800 - 900	7.5 (5.5)
2250 x 1600	5.500	2.600	600 - 700	5.0 (3.6)
1800 x 1500	3.300	1.500	400 - 500	3.0 (2.2)
1800 x 1000	2.100	1.000	250 - 300	2.0 (1.5)

Figura 5-1 Datos técnicos para bombos de recurtición, tintura y engrase

Fuente: www.indigoquimica.es

1.3 Etapa de Acabados en húmedo

El acabado consiste en un conjunto de tratamientos químicos y físicos con un sinnúmero de métodos para ejecutarlos que otorgan al cuero el aspecto final haciéndolo más agradable, duradero, resistente, sensible al tacto, etc. además de brindar protección contra posibles daños dependiendo siempre del artículo que se vaya a elaborar y comercializar.

El acabado en húmedo se realiza enseguida después del curtido en presencia de agua. En la figura 6-1 se indica las operaciones dentro de la etapa:



Figura 6-1 Fases de la etapa Acabados en húmedo

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

1.3.1 Rehúmedación

La rehúmedación es iniciada cuando las pieles provenientes de mataderos llegan a la curtiembre sin ningún tipo de tratamiento, consiste en eliminar la suciedad de la piel, restos producidos por las rebajadoras, además de proporcionar humectación a la piel para que los productos químicos usados posteriormente sean adheridos con facilidad.

1.3.2 Neutralizado

El neutralizado tiene como objetivo favorecer el concentrado de los colorantes en el cuero, además de compensar los niveles de pH y eliminar las sales neutras que no se han fijado. En este proceso se debe tener en cuenta la cantidad de uso de neutralizante, la cantidad o peso de los cueros a cargarse y el pH tanto del cuero como del baño. La neutralización dependerá del tipo de cuero que se vaya a procesar.

1.3.3 Recurtido

El recurtido es el proceso que se aplica al cuero curtido con uno o más agentes químicos, en otras palabras, es la transformación de las características de curtición original, siendo una de las operaciones más importantes ya que influye directamente en el engrase, teñido o tinturado y en el acabado; otorgando las características finales que tendrá el cuero.

1.3.4 Engrase

El engrase es el proceso en el cual se incorporan materias grasas en las fibras del cuero, manteniéndolas separadas y lubricadas y así evitando deslizamientos entre ellas; con el fin de obtener suavidad, flexibilidad, resistencia, alargamiento, blandura, permeabilidad, humectabilidad, impermeabilidad al agua, etc. Se lleva a cabo en el mismo bombo o tambor de las demás operaciones.

Se presentan algunos factores que influyen en el engrase por ejemplo las características de la piel, el grado de neutralizado, volumen en el baño, etc.

1.3.5 Tinturado

El tinturado o teñido es la operación que tiene como finalidad otorgar la coloración final al cuero, la fijación del colorante dependerá siempre de los agentes químicos usados en la curtición, esta fijación debe realizarse correctamente caso contrario disminuye la calidad del artículo o producto. Esta operación otorga una apariencia agradable a la vista provocando al fabricante como al consumidor una sensación de atracción a la presencia del artículo de cuero.

1.4 Automatización Industrial

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. Definiendo a la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales. (Ponsa & Granollers, 2009, p. 2)

Es el conjunto de sistemas computarizados, mecánicos, electrónicos y electromecánicos capaces de ejecutar y controlar acciones previamente establecidas en un proceso cumpliendo tareas o funciones repetitivas haciendo la operación automática sin la necesidad de la intervención humana. La automatización industrial tiene como objetivo fundamental generar mayor cantidad de producción en menor tiempo.



Figura 7-1 Automatización Industrial

Fuente: <http://www.infoplc.net/>

1.4.1 Objetivos de la Automatización

Según Mikell P. Groover los objetivos que se definen dentro de la automatización son los siguientes:

(Groover P., 2007, pp. 13-14)

- Aumentar la productividad del trabajo.
- Reducir los costes laborales.
- Limitar los efectos de la escasez de mano de obra.
- Eliminar el manual de rutina y tareas de la oficina.
- Mejorar la seguridad de los trabajadores.
- Mejorar la calidad del producto.
- Reducir el tiempo de espera de fabricación.
- Llevar a cabo los procesos que no se puede hacer manualmente.
- Evitar el alto costo de no automatizar.

1.4.2 Tipos de Automatización

1.4.2.1 Control de Procesos

El control automático de procesos se refiere al manejo de procesos que representan diversos tipos de cambios generalmente químicos y físicos, un ejemplo de esto es el proceso de la refinación de petróleo. (Basantes Montero , 2014, p. 34)

1.4.2.2 Procesamiento Electrónico de Datos

El procesamiento electrónico de datos está relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo y en la actualidad se considera en la obtención, análisis y registros de datos a través de interfaces y computadores. (Basantes Montero , 2014, p. 35)

1.4.2.3 Automatización Fija

Es un sistema en el cual las operaciones del proceso están previamente configuradas en el equipo y se utilizan cuando la cantidad de producción es máximo o alto por lo tanto se justifica su alto costo. Teniendo como características principales a las mencionadas:

- Inversiones Superiores.
- Incremento en la tasa de producción.
- Disminución en la flexibilidad.

1.4.2.4 Control Numérico Computarizado

Un mayor nivel de flexibilidad lo poseen las máquinas de control numérico computarizado. Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN). Entre las MHCN podemos mencionar: (Basantes Montero , 2014, p. 35)

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

1.4.2.5 Automatización Flexible

El mayor grado de flexibilidad en cuanto a automatización se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible". (Basantes Montero , 2014, p. 36)

Está compuesto por características de automatización fija y programada organizados por una serie de estaciones de trabajo relacionados entre sí. Las características principales de la automatización flexible son:

- Ahorro de tiempo en la modificación del programa.
- Se concibe índices de producción media.
- Genera una elevada inversión en un sistema de diseño personalizado.
- Flexibilidad en el diseño de artículos para hacer frente a las transiciones

1.4.2.6 Automatización Programable

El equipo de producción está diseñado con capacidad de cambiar la secuencia de operaciones para adaptarse a diferentes configuraciones. La secuencia de funcionamiento es controlado por un programa, que es un conjunto de instrucciones codificadas para que puedan ser leídos e interpretados. Las características principales: (Groover P., 2007, p. 11)

- Alta inversión en equipos de uso general.
- Menores tasas de producción que la automatización fija.
- Flexibilidad para hacer frente a la variación y a cambios en la configuración del producto.
- Aumento adecuado para la producción de lotes.

1.4.3 Niveles de Automatización

El término nivel de automatización es la integración de tecnologías como la mecánica, electricidad, electrónica, informática, telecomunicaciones, etc. siendo sinónimo de nivel de tecnología. Utilizan diferentes protocolos de comunicación industrial para relacionarse en niveles de la misma jerarquía como en distintos.

Estos niveles se encuentran plasmados en la denominada “pirámide de automatización” que representan cinco niveles tecnológicos descritos en la figura 8-1.



Figura 8-1 Pirámide de Automatización Industrial

Fuente: <http://www.smctraining.com/>

1.4.3.1 Nivel 1 o nivel de campo

En este nivel se encuentran los elementos de medida y mando relacionados directamente y que tiene repercusión con el proceso recibiendo y adquiriendo datos, tales como: actuadores encargados de ejecutar las ordenes de los elementos de control, sensores que miden las variables involucradas dentro del proceso, robots, hidráulica, neumática, hardware, etc.

1.4.3.2 Nivel 2 o nivel de control

Llamado también “control de proceso” se obtiene la información procedente del nivel 1, en este nivel se ejecuta la regulación, operación y el control por medio de la programación para procesar las señales generadas en el nivel anterior. Los dispositivos electrónicos que se encuentran son los ordenadores (PC), HMI, PLC’s, PID’s, etc.

1.4.3.3 Nivel 3 o nivel de supervisión

Denominado también como “operación y supervisión”, este nivel corresponde a los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos. Es necesario trabajar con dispositivos que integren los diferentes protocolos de comunicación industrial de los equipos en el nivel 2, por ejemplo PROFINET, ETHERNET IP, DEVICE NET, etc.

1.4.3.4 Nivel 4 o nivel de planificación

Está encargado de la administración de recursos y tareas, las principales actividades se centran en la planificación y en el control de producción, seguimiento del producto y de los sistemas de ejecución de la producción (MES); dentro de este nivel se diseñan los procesos de fabricación y la secuencia concreta de los materiales y recursos que son necesarios.

1.4.3.5 Nivel 5 o nivel de gestión

Encargado de la gestión e integración de los niveles inferiores, comunicación entre las distintas plantas, relaciones con proveedores y clientes, proporcionan los aspectos básicos para el diseño y la producción empresarial, se emplean ordenadores, estaciones de trabajo y distintos servidores; en él se gestionan los servicios corporativos mediante los sistemas de gestión integral de la empresa (ERP).

1.4.4 Etapas para un proyecto de una automatización

Dentro de la automatización existen procesos complejos que requieren de la colaboración de diferentes secciones. De acuerdo a la figura 9-1 se describe la metodología que se debe llevar a cabo en un proyecto de automatización.

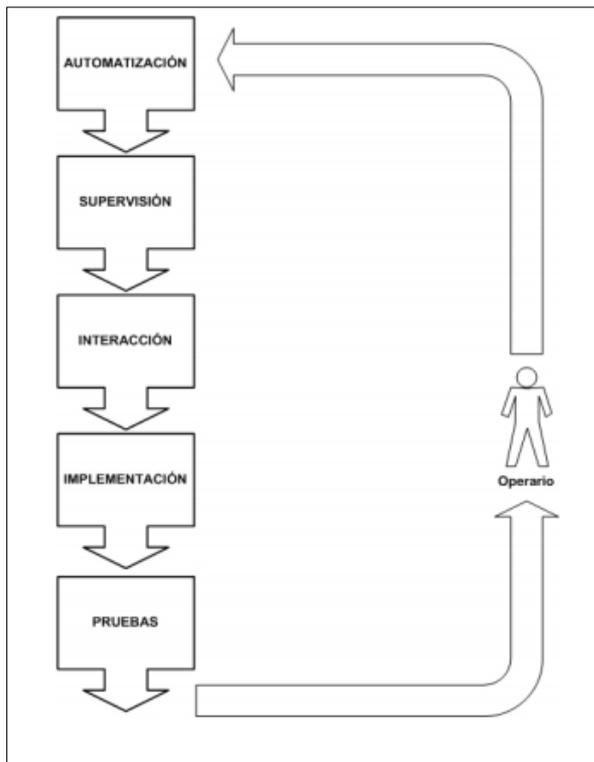


Figura 9-1 Fases para un proyecto de automatización

Fuente: (Ponsa & Granollers, 2009, p. 6)

1.4.4.1 Automatización

En esta fase de la automatización se debe desarrollar la secuencia correspondiente al GRAFCET y la puesta en marcha de los diversos automatismos tomando en cuenta los pasos siguientes: (Ponsa & Granollers, 2009, p. 7)

- Observación del proceso a controlar.
- Generación de un GRAFCET de primer nivel en su descripción funcional.
- Selección del automatismo autómatas programable, regulador digital autónomo.
- Selección y cableado físico de sensores y actuadores con secciones de entrada y salida del automatismo.
- Generación GRAFCET de segundo nivel según su descripción tecnológica.

1.4.4.2 Supervisión

La supervisión es la etapa en donde se debe primero analizar los posibles estados de funcionamiento que se encuentren en una máquina o proceso. Para su facilidad se elabora un GRAFCET para todos los estados y transiciones, desarrollada en una sola forma estructurada.

1.4.4.3 Interacción

La interacción de la automatización se da entre la interacción humana “operario” y el proceso controlado “automatismo”, se ejecuta mediante el panel de mando.

1.4.4.4 Implementación

Es la fase práctica en donde se selecciona el lenguaje de programación y la traducción de GRAFCET a lenguaje de programación. El operario se encarga de la programación dependiendo del software y el autómeta programable.

1.4.4.5 Pruebas

El operario vigila el proceso controlado y puede decidir intervenir en el momento oportuno mediante la actividad sobre el panel de mando; la tarea del operario se complementa con su acceso al proceso para resolver problemas en el sitio de la producción. (Ponsa & Granollers, 2009, p. 12).

En la figura 10-1 se muestra el trabajo del usuario encargado de la supervisión y de la interacción mediante una interfaz de comunicación que indica la información del proceso y el automatismo.

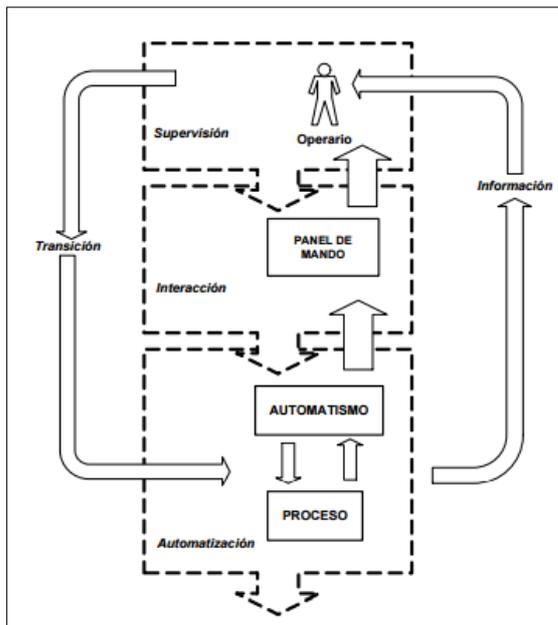


Figura 10-1 Rol de tarea del Operario

Fuente: (Ponsa & Granollers, 2009, p. 12)

1.5 Controlador Lógico Programable

El Controlador Lógico Programable (PLC) fue creado como una solución al control de circuitos complejos de automatización sustituyendo a las técnicas de cableado por otras controladas de forma programada modernizando de esta manera la lógica de control.

Los controladores programables son ampliamente utilizados a nivel industrial ya que poseen una unidad central de procesamiento (CPU), memoria, puertos de entrada y salida tanto digital como analógica, puertos de comunicación, etc., y software.

Basados en un microprocesador que mediante una programación permite controlar y monitorear los procesos, regular las secuencias de acciones, facilitando el diagnóstico y presentándolos en una interfaz hombre-máquina, pantalla de operación o una red de control industrial.

Según lo define la National Electrical Manufacturers Association (NEMA) un Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo electrónico digital que cuenta con memoria programable permitiendo el almacenamiento de instrucciones, funciones específicas, tales como, lógicas, secuenciales, temporización, aritméticas, etc.; con la finalidad de vigilar y controlar máquinas y procesos.

Características Generales

(Domingo Peña , et al., 2003, pp. 107-108)

- Reducidas dimensiones con gran compactación
- Facilidad en su montaje e instalación
- Fácil programación, en general gracias a la ayuda de un software intuitivo y bastante “amigable”.
- Posibilidad de almacenar programas para su posterior y rápida utilización.
- Fácil reutilización de los programas.

Funciones genéricas del PLC

(Domingo Peña , et al., 2003, p. 107)

- Conexión de contactos en serie y paralelo.
- Realización de funciones lógicas simples (AND, OR, NOT, etc.) y más complejas (conexionado paralelo de bloques en serie, conexionado en serie de bloques paralelos, etc.).
- Conteos, normalmente tanto ascendentes como descendentes.
- Temporizaciones.
- Operaciones y cálculos aritméticos (*, /, +, -).
- Enclavamientos de contactos.
- Procesado de señales digitales y analógicas
- Regulaciones (PID, Fuzzy, etc.)
- Comunicaciones industriales
- Procesos de autodiagnóstico.

1.5.1 Elementos Básicos

Un sistema de PLC cuenta con los siguientes elementos, que se muestran en la figura 11-1.

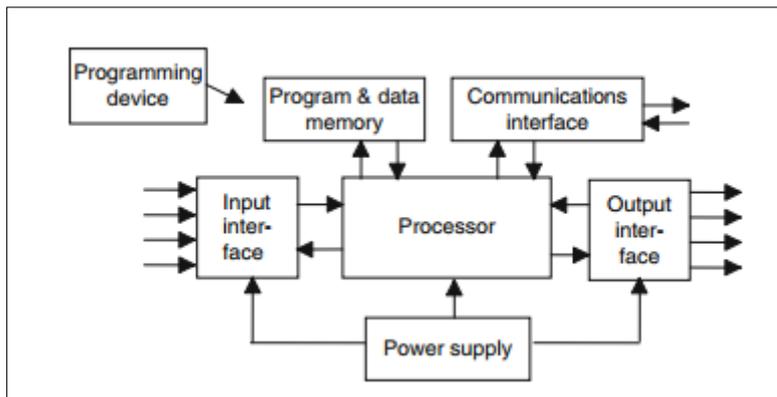


Figura 11-1 Estructura del PLC

Fuente: (Bolton, 2009, p. 4)

- Unidad Central de Proceso (CPU)
- Memoria
- Fuente alimentación
- Módulos de entrada y salida
- Interfaces de comunicación
- Unidad de programación

1.5.1.1 Unidad Central de Proceso

El CPU es la parte inteligente del controlador lógico programable, a partir del programa almacenado en memoria interpreta las instrucciones, permite la activación de las salidas deseadas, lectura de entradas, realiza las operaciones desarrolladas y la ejecución de funciones aritméticas y lógicas. Posee los siguientes elementos: procesador, memoria, circuitos auxiliares.

1.5.1.2 Memoria

La unidad de memoria es donde la información, datos de proceso y control son almacenados para la ejecución. La capacidad de la memoria se expresa en bites, bytes o words. Se dividen en dos la memoria: de solo lectura o ROM y; la memoria de lectura y escritura o RAM.

1.5.1.3 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación se utiliza para convertir la tensión de red de corriente alterna a la baja tensión de corriente continua (5 V) necesaria para el procesador y los circuitos en los módulos de interfaz de entrada y de salida. (Bolton, 2009, p. 4)

La fuente de alimentación por lo general es de 24 VDC o de 110/220 VCA y para los circuitos de entrada y salida (I/O) suelen ser de 48/110/220 VCA o a 12/24/48 VDC.

1.5.1.4 Unidad de Programación

La unidad de programación se utiliza para introducir el programa deseado en la memoria del procesador. El programa se desarrolla en el dispositivo y luego es trasladado a la unidad de memoria del PLC. (Bolton, 2009, p. 4)

1.5.1.5 Módulos de entrada y salida

Las interfaces de entrada y salida son los módulos o dispositivos del autómatas programable encargados de realizar la unión entre el CPU y el proceso.

(Domingo Peña , et al., 2003, p. 131)

Los módulos de entrada se encargan de:

- Ampliar la señal de entrada proveniente del dispositivo sensor.
- Adaptar los niveles de tensión de dicha señal
- Filtrar la señal.
- Codificar la señal para que sea procesada de forma adecuada por la CPU.

Los módulos de salida se encargan de:

- Decodificar la información proveniente de la memoria imagen de salida.
- Amplificar la señal de salida decodificada.

- Adaptar los niveles de tensión de esa señal.

1.5.1.6 Interfaces de comunicación

Estas interfaces se encargan de manipular datos, verificación del dispositivo, adquisición de datos, conteos de alta velocidad, resolución de operaciones aritméticas, de comparación y gestión de la conexión. Entre las más diferenciadas están:

- De entrada: dispositivos que envían señales, tales como sensores, termocuplas, finales de carrera, encoders, etc.
- De salida: elementos que responde a las señales entregadas del PLC, suelen ser relés, contactores, electroválvulas, indicadores luminosos, etc.
- Entradas analógicas: perciben señales analógicas y reconocen que se accione con mando analógico.
- Salidas analógicas: permiten que una variable se convierta en tensión o intensidad generalmente con valores de 0 a 10 V o de 4 a 20mA respectivamente.
- De interfaz especial: dentro de este grupo tenemos a la interfaz de comunicación RS232, interfaz de comunicación de redes, de posicionamiento y de visualización.

1.5.2 Clasificación

La clasificación de un autómatas programable depende de múltiples factores tales como velocidad del procesador, disponibilidad de módulos de ampliación de entradas y salidas (I/O), factor económico, etc. Los PLC se clasifican en tres tipos o categorías:

(Domingo Peña , et al., 2003, p. 118)

1. Autómatas programables de gama baja

- Hasta un máximo de 128 entradas y salidas.
 - La memoria de usuario disponible es de hasta una 4k instrucciones.
2. Autómatas programables de gama media
- Entre 128 y 512 entradas y salidas.
 - Memoria de usuario disponible alcanza hasta una 16k instrucciones.
3. Autómatas programables de gama alta
- Más de 512 entradas y salidas.
 - Memoria de usuario disponible es superior a las 16k instrucciones, e incluso en algunos casos puede llegar a superar las 100k instrucciones.

1.5.3 Ventajas

- Disminución de tiempo en la ejecución de tareas.
- Modificación sin la necesidad de cambiar el cableado ni añadir componentes.
- Velocidad en el procesamiento de datos.
- Fácil instalación y reutilización en otra aplicación.
- Menor costo de instalación y mantenimiento.
- Facilidad en la programación.
- Ahorro en el consumo de energía.
- Diseñados para operar en condiciones robustas.
- Control preciso en sistemas complejos.
- Flexibles, y detección rápida de posibles fallos.

1.5.4 PLC Panasonic FPOR

El PLC-FPOR es un dispositivo ultra compacto que cuenta con una memoria de gran capacidad, procesamiento de alta velocidad, ventaja en el precio, proporciona ahorro de espacio, módulos de

expansión de entradas y salidas tanto digitales como analógicas, módulo para entrada de PT100, fácil expansión, fuentes de alimentación, expansión de comunicación, módulos de posicionamiento, etc.

Incorporan numerosas funciones tales como: PID, filtros adaptativos, control leva electrónica, etc. Se programan con el software Control FPWIN Pro según el estándar IEC 61131-3.

El FPOR cuenta con las siguientes características: (PANASONIC, 2015, p. 15)

- Las dimensiones son 25x90x60 mm
- Se puede ampliar hasta 128 I/O
- Configuración para aceleración y desaceleración de funciones rampa.
- Ideal para ahorrar espacios en los cuadros eléctricos, máquinas o instalaciones.
- Capacidad de programación de 16k o 32kpasos.
- Registro de datos de hasta 12k o 32k palabras.
- Memoria de comentarios independientes para documentar de acuerdo al propósito.
- Puerto de programación USB2.0 proporciona una alta velocidad de transferencia.
- Funciones avanzadas de posicionamiento tales como:
 - Operación JOG
 - Configuración de los tiempos de aceleración y deceleración
 - Lectura de señales de encoders de hasta 50khz
 - Se puede modificar la velocidad por medio de una señal externa.
- Proporciona conexiones a red utilizando la interface o módulos de expansión:
 - Ethernet
 - Profibus
 - Serial RS232 O RS485
 - C-NET
 - CC-Link
 - MEWNET

1.5.5 PLC Panasonic FPOR- C14MRS



Figura 12-1 PLC Panasonic FPOR-C14MRS

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com>

Es un dispositivo de estructura compacta con comunicación serial RS232 y RS485, incorpora cinco lenguajes de programación, gran número de funciones, permite regular los procesos, optimizar la velocidad de procesamiento y evitar errores en el funcionamiento.

1.5.5.1 Especificaciones Generales

En la tabla 1-1 se indica las especificaciones generales con las que cumple el PLC Panasonic FPOR-C14MRS.

Tabla 1-1 Especificaciones Generales del PLC FPOR-C14MRS

Ítem	Especificaciones
Entradas digitales	8 puntos
Salidas digitales	6 puntos
Dirección de las entradas y salidas	X0-X7 para entradas
	Y0-Y5 para salidas
Voltaje de operación y entrada	24VDC

Continuará...

Continúa...

Voltaje de funcionamiento	20,4 VDC a 28,8 VDC
Capacidad de salida	2A
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Apagado momentáneo	5 ms para 20,4 VDC; 10 ms para 21,6 VDC
Temperatura ambiente	0°C ~ +55°C
Humedad ambiental	10% ~ 95% de humedad relativa
Temperatura de almacenamiento	-40°C ~ +70 °C
Resistencia al ruido	1000 V(p-p) con anchos de pulsos 50ns-1us
Resistencia de aislamiento	500VDC- sobre 10MΩ en terminales de entrada, salida, tierra y potencia
Voltaje de ruptura	Superiores a 500VAC
Condición de Uso	Libre de gases corrosivos y polvos excesivos
Categoría de sobre voltaje	Categoría II
Nivel de contaminación	Grado de contaminación II
Peso	C14MRS: 105 gramos

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/>

Realizado por: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

1.6 Interfaz Hombre- Máquina



Figura 13-1 Interfaz Hombre-Máquina

Fuente: <http://www.aispro.com/>

Los sistemas o dispositivos de interfaz humano- máquina surgen como una solución al monitoreo y control de sistemas a distancia, se han convertido en una herramienta fundamental en el entorno

industrial que permite controlar, manipular y supervisar las operaciones; y el funcionamiento de los procesos.

Son considerados como una herramienta altamente flexible ya que no solo actúan como interfaz, sino que brindan tareas multidisciplinarias; con un software que cumple con funciones lógicas, además de otras funciones tales como: información del estado actual por históricos y manejo de alarmas para posibles averías; compuestos con controladores y dispositivos electrónicos con puertos de comunicación lo que hace posible tener sistemas HMI más poderosos y eficaces.

El estudio de la interacción hombre-máquina pretende ayudar a entender cómo los seres humanos interactuamos con las nuevas tecnologías. Su objetivo central es determinar los efectos humanos, tanto psicológicos como cognitivos, y las características afectivas de las interacciones entre los usuarios y las computadoras en tareas específicas. De esta forma, los estudiosos de la interacción hombre-máquina desarrollan modelos de actividades humanas y de uso de estos modelos en el diseño de nuevas interfaces. (Ruiz, 2007, p. 22)

Según la ISO 9241-110 se define a la interfaz de usuario como el software y hardware de un sistema interactivo que facilitan la información y el control para que el operador ejecute las tareas.

Entre otras muchas, las disciplinas que mayormente intervienen en el desarrollo de software y sistemas computacionales son: (Ruiz, 2007, p. 23)

- Ciencias de la computación
- Ciencias cognitivas
- Sociología
- Ergonomía
- Matemáticas

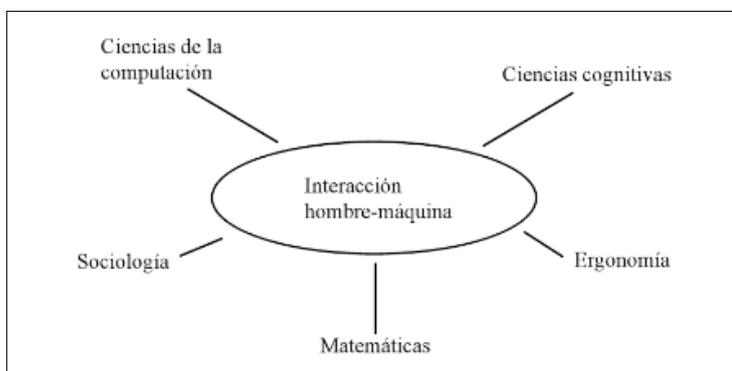


Figura 14-1 Disciplinas en la interacción hombre-máquina

Fuente: (Ruiz, 2007, p. 23)

1.6.1 Tipos de HMI

Terminal de operador: Son dispositivos que pueden trabajar en ambientes agresivos, de despliegues numéricos, alfanuméricos o gráficos. Suelen tener pantalla sensible al tacto (Touch Screen).

PC más software: consisten en cargar un software apropiado para la aplicación, y son seleccionados de acuerdo a los requerimientos de empleo. Tales como los industriales, de panel y los ordenadores de escritorio (PC) según exija el proyecto.

1.6.2 Funciones del HMI

- **Monitoreo:** mediante recopilación de información se muestra al operador los datos del sistema en tiempo real.
- **Control:** por medio del ingreso de instrucciones se puede vigilar la tarea sin la necesidad de la intervención humana.
- **Supervisión:** en conjunto con el monitoreo permite el manejo del proceso directamente desde la interfaz.
- **Alarmas:** identifica posibles averías y los reporta mediante controles predefinidos.
- **Históricos:** almacenan los datos a determinada frecuencia para ser muestreados y permitir la pertinente corrección.

1.6.3 Pantalla Panasonic GT02



Figura 15-1 Pantalla GT02

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/>

El GT02 de Panasonic ofrece una serie de funciones innovadoras además de un diseño pequeño y agradable. El display gráfico táctil de 3,8” pulgadas es iluminado con luz LED por tres colores en dos variantes: verde/naranja/rojo y blanco/rosa/rojo. Posee puerto de comunicación RS232, recetas, gráficos de tendencias, diagramas, memoria de programa de 38k y de datos de 2MB. El software de programación para la HMI GT02 corresponde al GTWIN.

1.6.3.1 Dimensiones del HMI-GT02

Las dimensiones de la pantalla GTO2 utilizada se muestran en la figura 16-1. Unidad: mm

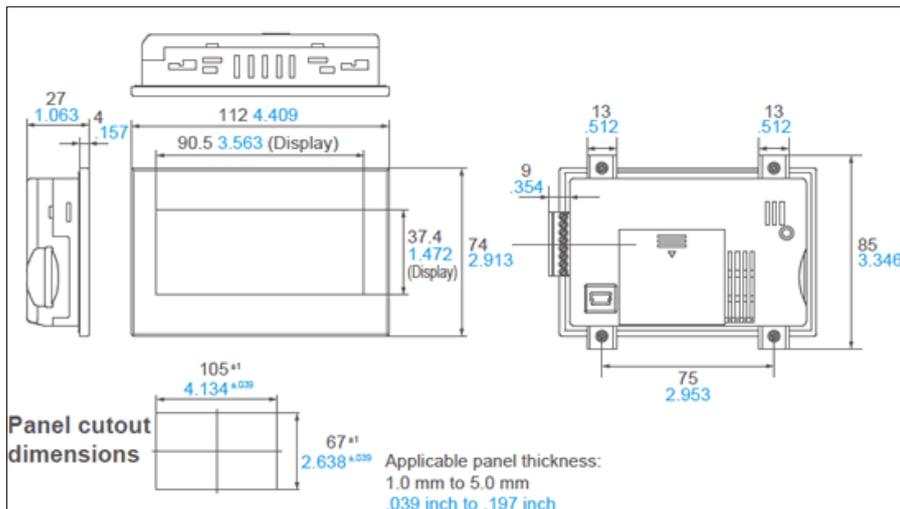


Figura 16-1 Dimensiones de la GT02

Fuente: <http://www3.panasonic.biz/>

1.6.3.2 Especificaciones generales

En la tabla 2-1 se indica las especificaciones con las que cuenta la pantalla GT02 utilizada:

Tabla 2-1 Especificaciones Generales GT02

Ítem		GT02	
Tensión nominal		5VDC / 24VDC	
Tensión de funcionamiento		4,5-5,5 VDC / 21,6-26,4 VDC	
Consumo de energía		1W máx.	
Temperatura ambiente		0°C a 50°C	
Humedad ambiental		20 a 85% de humedad relativa	
Temperatura de almacenamiento		-20 a 60°C	
Humedad de almacenamiento		10 a 85% de humedad relativa	
Resistencia ambiental		IP67	
Resistencia de vibración		5 a 8,4 Hz de amplitud: 3,5mm	
Resistencia de golpes		147 m/s ² , 3 veces en X,Y y Z	
Resistencia al ruido		1000 V(p-p) min, 50ns-1us (ancho de pulsos)	
Peso		170g- 5,997 oz aproximadamente	
Capacidad de memoria		2Mbytes	
Memoria de usuario		F-ROM	
Display	Tamaño de la pantalla	3,8 pulgadas (88,5x35,4mm)	
	Tipo de display	STN LDC monocromo	
	Color de pantalla	2 Monocromo (blanco/negro)	
	Resolución	240 x 96 pixeles	
	Capacidad de memoria	2,048 Kb	
	Illuminación	3-LED de color (verde, naranja, rojo)	
	Contraste	No ajustable	

Continuará...

Continúa...

	Número de caracteres	216 caracteres	
COM- Puerto	Estándar de comunicación	Se ajusta a RS232C- RS422	
	Condiciones de comunicación	Velocidad de transmisión: 9,600 / 19,200 / 38,400 / 57,600 / 115,200 bps	
		Bits de datos: 7 u 8 bits, Paridad: Ninguna, Impar, Par, Bits de parada: 1 bit	
	Protocolo	Interfaz serie de propósito general compatible PLC	
Conector	8 pines		

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/>

Realizado por: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

1.7 Eficiencia Energética

La eficiencia energética es el conjunto de acciones que tiene como objetivo la disminución de la energía sin provocar cambios en el consumo, generando y conservando los mismos beneficios pero con mínima energía. A mayor eficiencia menor consumo de energía, en otras palabras, el uso eficiente de energía y maximizando los procesos de producción.

1.7.1 Eficiencia en motores de inducción

La eficiencia de un motor se define como la razón entre la potencia mecánica de salida y la potencia eléctrica de entrada, es decir que transforman la energía eléctrica en energía mecánica.

Se dice que es relativamente baja cuando se convierte la energía térmica en energía mecánica. Una máquina con un 20% de eficiencia pierde en forma de calor un 80% de la energía que recibe. Los motores eléctricos tienen una eficiencia que oscila entre 75 % y 98% dependiendo de tamaño del motor.

1.7.1.1 Determinación de las cargas del motor

En su mayoría los motores eléctricos están diseñados para funcionar a 50% a 100% de la carga nominal. La máxima eficiencia es generalmente cerca del 75% de la carga nominal. En la figura 17-1 se muestra el porcentaje de eficiencia del motor con carga parcial.

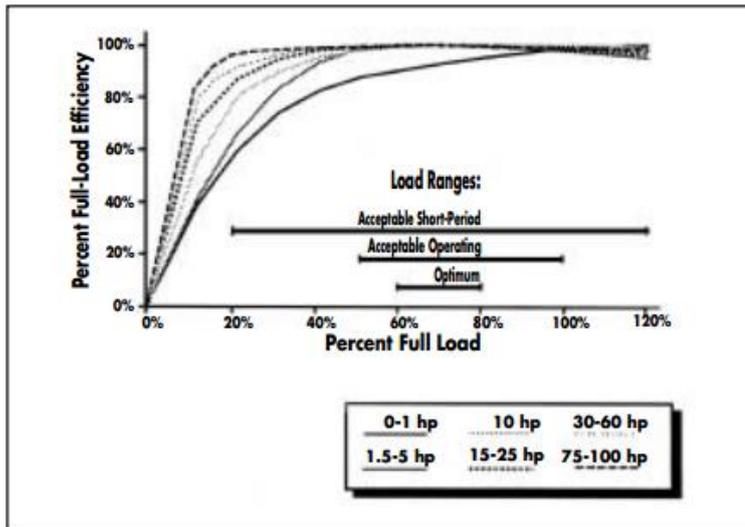


Figura 17-1 Eficiencia del motor carga parcial

Fuente: <http://infohouse.p2ric.org/ref/40/39569.pdf>

En la figura 18-1 se puede identificar el factor de potencia en función del porcentaje de amperaje a plena carga.

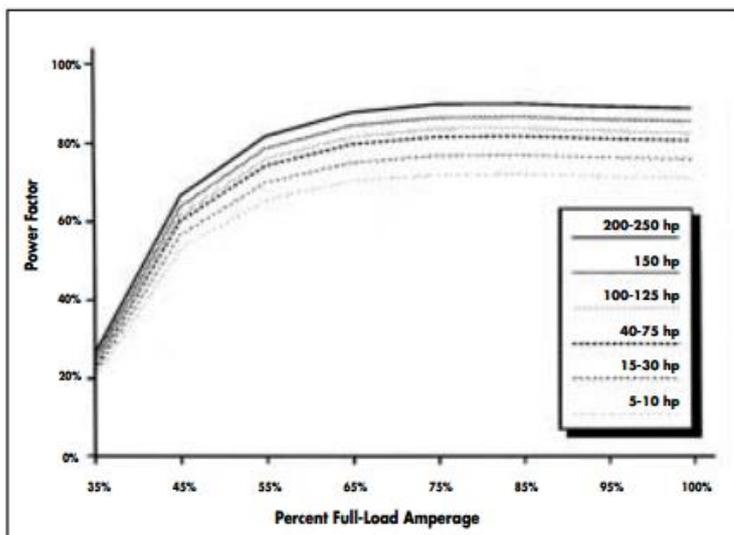


Figura 18-1 Factor de potencia del motor en función del porcentaje de amperaje

Fuente: <http://infohouse.p2ric.org/ref/40/39569.pdf>

Mediciones de potencia de entrada

Para poder estimar el motor a carga parcial utilizando las mediciones con instrumentos manuales se utiliza la ecuación 2-1 para calcular la potencia eléctrica de entrada trifásica kW.

Ecuación 2-1 Ecuación potencia eléctrica de entrada

$$P_i = \frac{V * I * fp * \sqrt{3}}{1000}$$

Donde:

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

V = Voltaje línea- línea

I = Corriente de línea

fp = Factor de potencia en el dato de placa

Ecuación 3-1 Ecuación potencia de entrada a carga nominal

$$P_{RI} = \frac{HP * 0,7457}{\eta_N}$$

Donde:

P_{RI} = Potencia absorbida por datos de placa

HP = Potencia de la placa del motor

η_N = Eficiencia o rendimiento nominal

Se puede calcular el porcentaje de la carga del motor en relación de la potencia de entrada medida bajo carga a la potencia cuando el motor funciona a la capacidad nominal, se calcula con la ecuación 4-1 mostrado a continuación:

Ecuación 4-1 Ecuación para calcular el porcentaje de carga del motor

$$\%CARGA = \frac{P_i}{P_{RI}} * 100$$

Donde:

$\%CARGA$ = Porcentaje de carga

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

P_{RI} = Potencia absorbida por datos de placa

1.7.1.2 *Determinación de la eficiencia del motor*

Para la determinación de la eficiencia energética del motor se determina se acuerdo a la ecuación 5-1 mostrada a continuación:

Ecuación 5-1 Ecuación de la eficiencia del motor

$$\eta = \frac{HP * 0,7457 * CARGA}{P_i}$$

Donde:

η = Eficiencia en porcentaje %

HP = Potencia de la placa del motor

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

$CARGA$ = Porcentaje de carga del motor

Curva de eficiencia

En la figura 19-1 se muestra la eficiencia de un motor en función de la potencia mecánica, la eficiencia se reduce si la potencia a la que se usa es menor al 50% de su potencia nominal.

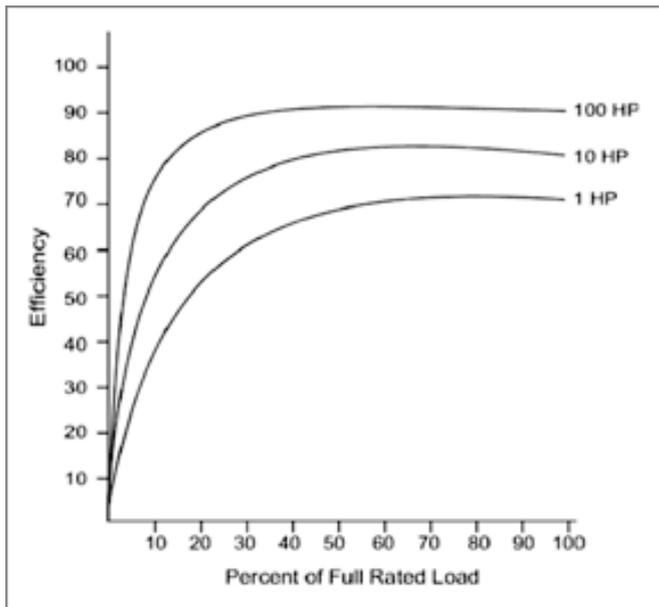


Figura 19-1 Curva de eficiencia de un motor

Fuente: <http://www.emb.cl/electroindustria/>

1.7.2 Ahorro energético en los variadores de frecuencia

El ahorro energético es la disminución de servicios generando mínimo consumo de energía y de emisiones, sin afectar la eficiencia energética. En el entorno industrial el mejor ahorro es el uso variadores de frecuencia por que ofrece arranques suaves controlando la velocidad en la ejecución del proceso, ya que el equipo al ser accionado mediante un variador utiliza menos energía eléctrica. En ciertas aplicaciones se ha llegado a producir hasta el 70% de ahorro en el consumo.

1.7.3 Norma de la eficiencia energética en motores de corriente alterna

La norma IEC 60034-2-1 establece los métodos que se debe tener en cuenta al momento de determinar el rendimiento de una máquina asíncrona, máquinas de corriente continua y máquinas de inducción como son las pérdidas que se producen. Constituye las siguientes clases de eficiencia:

- IE3: Eficiencia Premium
- IE2: eficiencia alta
- IE1: eficiencia estándar

En la figura 20-1 se muestra las curvas de las clases de la eficiencia (%) en función de la potencia (kW) del motor.

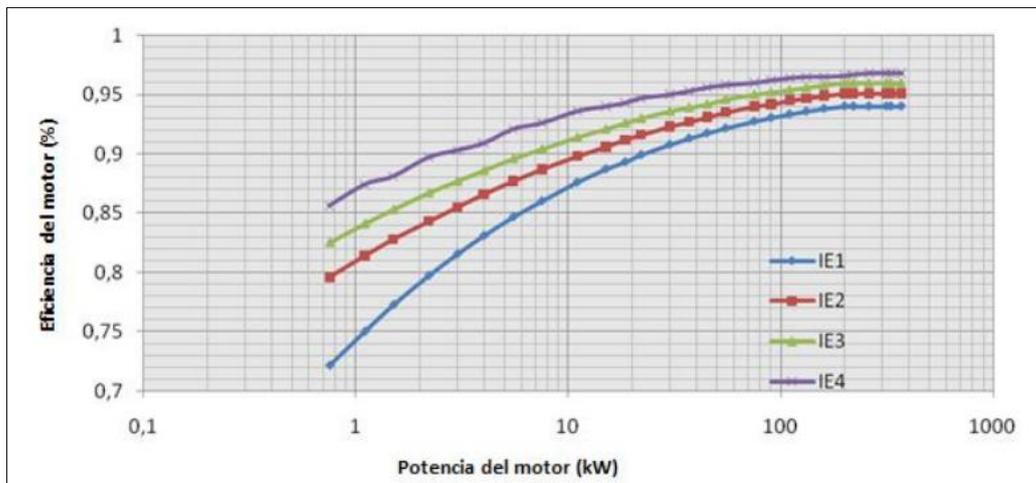


Figura 20-1 Curva de las clases de eficiencia en motores

Fuente: <http://www.energia.gob.ec/>

1.8 Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia es un dispositivo que se encarga de modificar la frecuencia, y por tanto la velocidad de un motor de inducción, es decir que genera una corriente alterna con la frecuencia y la tensión necesaria para accionar el motor de corriente alterna. El convertidor de frecuencia permite modificar el valor de la frecuencia para hacer que el motor gire a más o menos velocidad, independiente de la frecuencia que disponga la red de alimentación. (Álvarez Pulido, 2000, p. 2)

Básicamente está compuesto por rectificadores e inversores; los rectificadores convierten la señal de voltaje de alimentación de corriente alterna (AC) en corriente continua (DC) controlan el voltaje del inversor y mantienen constante la relación volts/Hertz, el inversor usa componentes de potencia los mismos que son controlados por microprocesadores para conmutar la tensión en corriente continua produciendo una señal de corriente alterna.

El uso de variadores de frecuencia es ideal para motores en donde se deben arrancar y parar con mucha frecuencia evitando los picos de arranque y por consiguiente el ahorro energético, generando la máxima vida útil de la máquina.



Figura 21-1 Variador de frecuencia

Fuente: <http://www.smelectricos.com/>

1.8.1 Selección para un variador de frecuencia

Para que el equipo cumpla con lo requerido se debe tener en cuenta:

- El tipo de carga que se vaya a instalar tales como: potencia constante, par constante o variable, cargas por impulso, etc.
- El tipo de motor que se vaya a instalar o se esté utilizando.
- Velocidades máximas y mínimas.
- Par de arranque del motor en el que se vaya a utilizar siempre que no supere el 170% de par nominal caso contrario se lo debe sobredimensionar.
- El frenado que se va a producir en la puesta en marcha sean ciclos rápidos, cargas con alta inercia, etc.
- Condiciones ambientales de operación.
- Posibles fluctuaciones en el voltaje, armónicos, factor de potencia, etc.
- El tipo de aplicación como: arranques automáticos, protección de sobrecargas, control automático de velocidad, etc.

1.8.2 Aplicaciones de variadores de frecuencia

Los variadores de frecuencia tienen varias aplicaciones dependiendo del tipo de proceso de las cuales mencionamos:

Cintas Transportadoras: se controla y regula la velocidad de producción para evitar averías en el transporte de producto como botellas y envases, evitando desperdicios de materia prima.

Bombas de desplazamiento positivo: en sistemas donde se debe controlar el caudal y la dosificación de productos.

Ascensores y elevadores: donde se necesita tener arranques y paradas suaves.

Extrusoras: controlando la velocidad del tornillo.

Compresores de aire: Ofrece arranques suaves disminuyendo el consumo de energía.

1.8.3 Ventajas del uso de variadores de frecuencia

- Brinda un control de la velocidad variable de esta manera se disminuye el alto consumo de energía (ahorro de energía), y una mayor vida útil en la máquina.
- Se mejora el control de proceso elevando la producción.
- Seguridad del personal y en el arranque de la máquina.
- Bajos niveles de desgaste mecánico en elementos de transmisión de potencia.

1.8.4 Variador de Frecuencia Sinamics G110

Los convertidores SINAMICS G110 son convertidores de frecuencia que tiene la capacidad de regular la velocidad de los motores de inducción, ideales para aplicaciones de control de motores velocidad /frecuencia.



Figura 22-1 Variador de frecuencia SINAMICS G110

Fuente: <https://www.siemens.com/>

En la tabla 3-1 se muestran las características y funciones del variador SINAMICS G110

Tabla 3-1 Características y funciones de SINAMICS G110

Características principales	Funciones
<ul style="list-style-type: none"> • Fácil de instalar • Puesta en marcha sencilla • Diseño robusto en cuanto a EMC • Puede funcionar en redes de alimentación IT (modelos sin filtro) • 1 entrada digital con separación galvánica • 3 entradas digitales sin separación galvánica • 1 entrada analógica AIN: 0 – 10 V (solo en la variante analógica) se puede utilizar como cuarta entrada digital. • Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor • La información de estado y alarmas se visualizan en el panel BOP (obtenible como opción) • BOP opcional con funcionalidad de copia de parámetros para juegos de parámetros • Interface interna RS485 (solo en la variante USS) • Kit de conexión para el enlace PC-conversor (RS232) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de respuesta a señales de mando rápido. • Limitación rápida de corriente para funcionamiento seguro sin desconexiones por fallo • Freno por inyección de corriente continua integrado • Frecuencias fijas • Función de potenciómetro motorizado • Tiempos de aceleración y deceleración ajustables con redondeo parametrizable • Característica V/f multipunto • 150% de sobrecarga en 60 segundos • Rearranque automático después de cortes de red • Rearranque al vuelo

Fuente: Catálogo Siemens SINAMICS G110, 2005

1.9 Arranque de motores eléctricos de inducción

Se define como arranque al proceso que acciona una máquina eléctrica, se lleva a cabo siempre que el par de arranque sea superior al par resistente de carga girando al rotor a una velocidad elevada de régimen permanente, este proceso provoca un elevado consumo de corriente que para disminuirlo se emplea métodos o modos de arranque.

1.9.1 Modos de Arranque de un motor trifásico de inducción

1.9.1.1 Arranque directo

Este método es el más sencillo que se aplica a motores de potencia menores a 5 kW, consiste en acoplar los devanados del estator directamente a la red eléctrica por conmutación simple, lo que provoca altas corrientes de arranque que pueden ser de 8 veces la corriente nominal la que a su vez causaría caídas de tensión en la red eléctrica y dentro del motor crea un estrés térmico a los bobinados que disminuirán su vida útil.

En la figura 23-1 se muestra el diagrama de conexión:

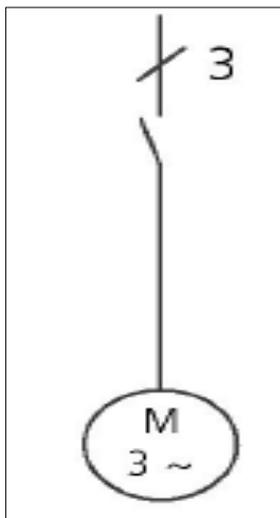


Figura 23-1 Diagrama de conexión de un arranque directo

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de voltaje: En la figura 24-1 se muestra la curva de voltaje-tiempo provocado durante el arranque directo en un motor asíncrono; se puede observar que se alcanza el voltaje máximo U de manera instantánea lo cual implicara un tiempo de arranque corto para el motor.



Figura 24-1 Curva de voltaje en un arranque directo

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de intensidad eléctrica: En la figura 25-1 se muestra la curva de intensidad-velocidad donde se observa que la corriente de arranque supera varias veces a la corriente nominal I_N hasta establecerse conjuntamente con la velocidad hasta alcanzar la nominal n_N , ese lapso de establecimiento representara una alta carga para red de suministro eléctrico.

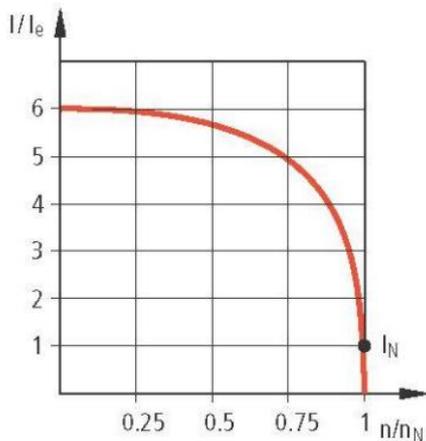


Figura 25-1 Curva de intensidad en un arranque directo

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de par: En la figura 26-1 se muestra la curva de par-velocidad que se produce durante un arranque directo, la cual produce un par que supera en 1.5 a 3 veces al nominal de carga M_N dependiendo del motor, esto implica un arranque bastante fuerte para superar el par de carga M_L .

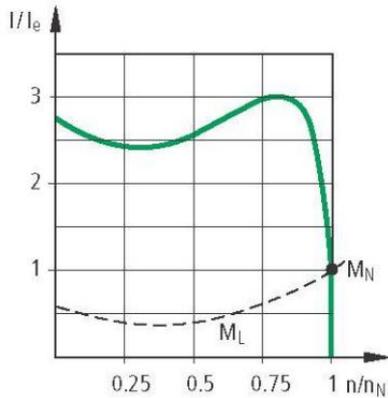


Figura 26-1 Curva de par en un arranque directo

Fuente: www.eatonelectric.es

1.9.1.2 Arranque con variador de frecuencia

Genera un elevado par en baja corriente logrando limitar la intensidad a valores de hasta 2 veces la intensidad nominal y se obtiene un torque de arranque adecuado. Funciona previamente con los ajustes a las condiciones de trabajo del motor, una vez establecidos los parámetros se suministrara desde la red eléctrica corriente activa y reactiva al motor a través del inversor; controlando el arranque, aseguran la aceleración y desaceleración en el funcionamiento. En la figura 27-1 se muestra el diagrama de conexión:

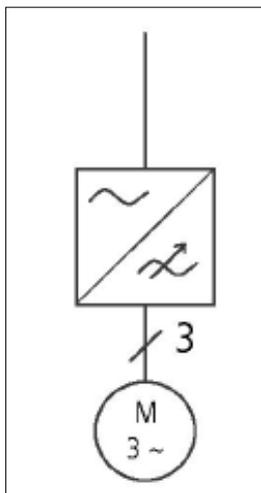


Figura 27-1 Diagrama de conexión del arranque con variador

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de voltaje: En la figura 28-1 se muestra la curva de voltaje durante el arranque con variador de frecuencia, se observa que transcurre un tiempo de aceleración $t - acc$ para alcanzar el máximo de tensión U ; el tiempo de aceleración y el voltaje máximo dependerán de la configuración del variador de frecuencia.

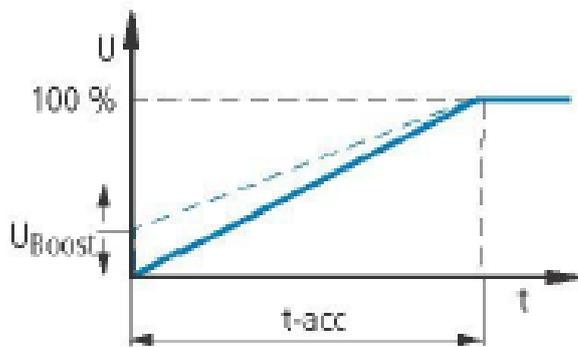


Figura 28-1 Curva de voltaje en un arranque con variador

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de intensidad: En la figura 29-1 se muestra la curva de intensidad que se produce en el motor asíncrono, se observa que a cualquier velocidad n configurada la corriente de arranque no superara a la nominal I_N esto reduce la carga en la red de suministro.

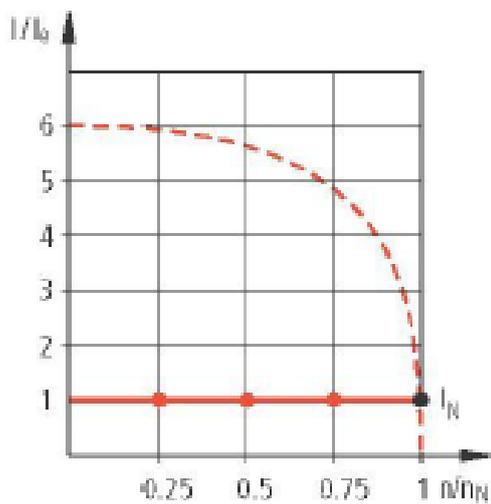


Figura 29-1 Curva de intensidad en un arranque con variador

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de par: En la figura 30-1 se muestra el comportamiento de la curva de par en un motor con arranque por VDF, al igual que la curva de corriente, el par de arranque no supera al nominal independiente de la velocidad que este configurada en el equipo.

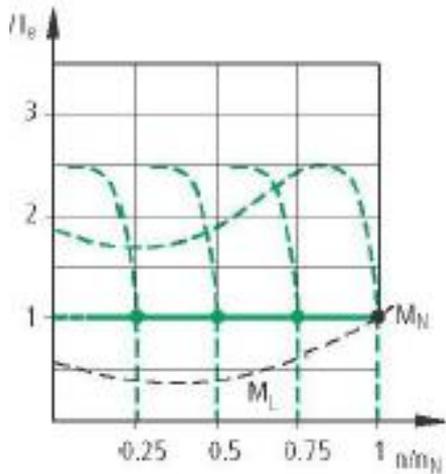


Figura 30-1 Curva de par en un arranque con variador

Fuente: www.eatonelectric.es

1.9.1.3 Arranque electrónico

Este tipo de arranque permite un aumento continuo controlado del par que posibilita la reducción selectiva de la corriente de arranque. La tensión inicial incrementará de acuerdo a un tiempo de rampa de aceleración hasta llegar a la tensión nominal, de igual manera se podrá controlar el apagado con la rampa de parada reduciendo la tensión, el tiempo de parada será más largo dependiendo de la carga.

Es así que un arrancador suave brinda una operación controlada que significaría un menor desgaste mecánico, menor remplazo de rodamientos, disminución en el desgaste de las correas de transmisión, reducción en el número de mantenimientos de engranes y permitirá ciclos de arranque y paro más frecuentes.

En la figura 31-1 se indica el diagrama de conexión con arrancadores suaves.

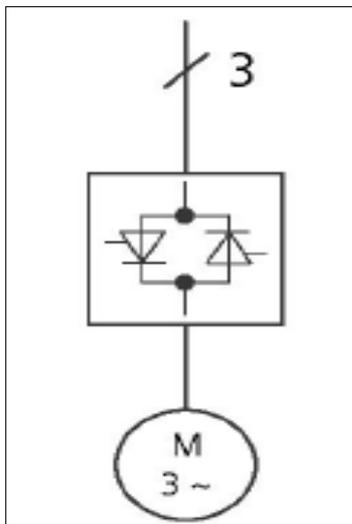


Figura 31-1 Diagrama de conexión de un arranque suave

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de tensión: En la figura 32-1 se muestra el comportamiento de la curva de tensión durante el arranque suave, la tensión alcanza el máximo en un tiempo de aceleración t_{start} partiendo de un voltaje inicial aproximado del 30% del máximo.

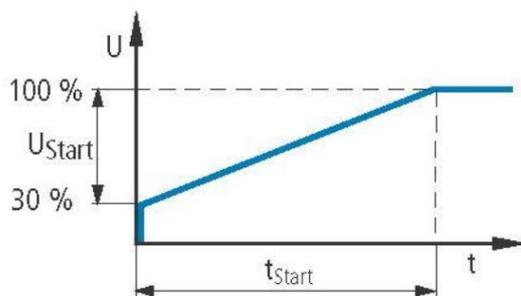


Figura 32-1 Curva de tensión en un arranque suave

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de intensidad: En la figura 33-1 se muestra la curva de intensidad-velocidad en un arranque suave, comparado con un arranque directo la corriente de arranque es selectiva e inferior, se puede ubicar entre 2 y 6 veces la I_N dependiendo del control de tensión, de igual manera se establecerá en conjunto con la velocidad η .

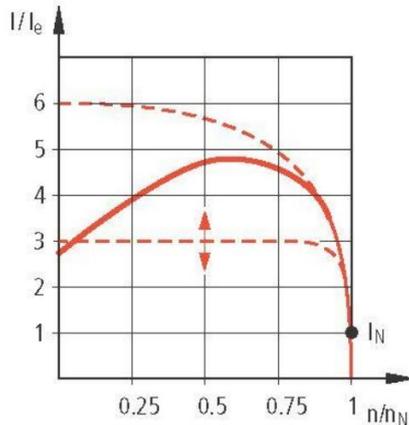


Figura 33-1 Curva de intensidad en un arranque suave

Fuente: www.eatonelectric.es

Curva de par: En la figura 34-1 se muestra la curva de par-velocidad durante un arranque suave, a diferencia del arranque directo el par se incrementa de manera lineal; la curva de par como las anteriores está influida por el control de voltaje que se aplique, ya que estas curvas serán válidas solo cuando la tensión del motor sea la misma suministrada por la red.

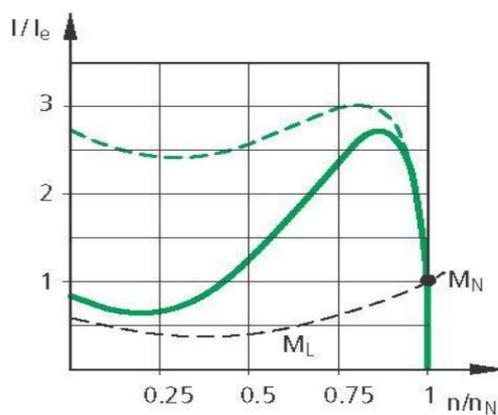


Figura 34-1 Curva de par en un arranque suave

Fuente: www.eatonelectric.es

1.10 Sistemas de transmisión de potencia

Los sistemas de transmisión son mecanismos encargados de transmitir la potencia o energía mecánica generada en el motor a otros equipos mediante acoplamiento en el eje. Una caja de transmisión es aquella que permite la transmisión de potencia eléctrica sin afectar los rangos de funcionamiento del motor. Entre los sistemas de transmisión están:

1.10.1 Transmisión mediante correas o bandas

Se basa en un sistema que sujeta dos o más ruedas mediante una correa continua suministrando energía desde la rueda motriz, la eficiencia del sistema dependerá del tipo de banda, el alineamiento y ajuste.



Figura 35-1 Transmisión por Correas o bandas

Fuente: <http://comserprorodamientos.com/>

1.10.2 Transmisión mediante cadenas

La transmisión del movimiento se realiza a distancia por medio de ruedas dentadas, no existe deslizamiento y su eficiencia alcanza a los 98% aproximadamente.

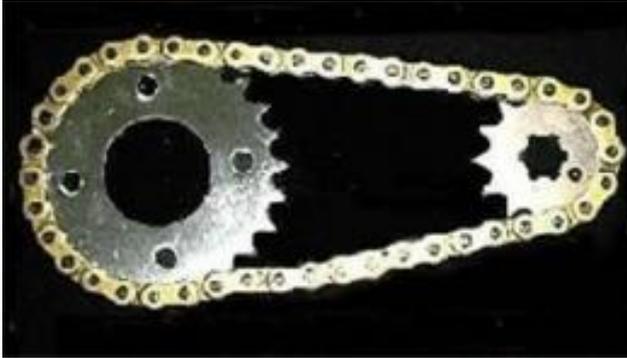


Figura 36-1 Transmisión por Cadenas

Fuente: <https://www.ecured.cu/>

1.10.3 Transmisión mediante engranajes

La transmisión se realiza de manera circular reduciendo o aumentando la velocidad mediante el contacto de las ruedas dentadas, tales como: rectos, helicoidales, cónicos. La eficiencia de este tipo de transmisión varía del 85% al 99%.

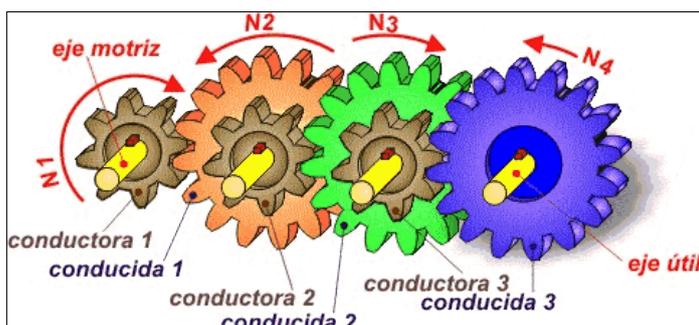


Figura 37-1 Transmisión por engranajes

Fuente: <http://concurso.cnice.mec.es/>

1.11 Contactor Eléctrico



Figura 38-1 Contactor Eléctrico

Fuente: <http://www.areatecnologia.com/>

Un contactor es un dispositivo de conexión que actúa como un interruptor, con la capacidad de manipular los contactos para permitir el paso de la corriente eléctrica, formado por una bobina y contactos que pueden estar abiertos o cerrados. Estos dispositivos de conmutación sirven para aplicaciones en arranques y control de motores eléctricos.

Por la acción de un electroimán en forma de bobina el contactor es maniobrado a distancia, la bobina que se encuentra excitada por acción de la corriente eléctrica provoca que los contactos principales y auxiliares cambien de estado de abiertos a contactos cerrados y viceversa, a esta acción se le denomina “enclavamiento del contactor”, y se dice que el contactor está enclavado.

Una vez que la bobina deja de ser accionada los contactos regresan a su posición de reposo por efecto del muelle resorte.

1.11.1 Partes del contactor

Carcasa.- Parte externa del contactor fabricado con material no conductor, es el soporte de los componentes que conforman el contactor.

Electroimán.- Elemento principal del contactor encargado de transformar la energía eléctrica en un campo magnético, provocando un movimiento mecánico.

Bobina.- conformado por un arrollamiento de alambre de cobre con un gran número de N espiras, que produce un campo magnético al ser aplicado tensión.

Núcleo.- Es la parte fija de material ferromagnético en forma de “E”, en la que se cierra el flujo magnético.

Armadura.- Parte móvil similar al núcleo que actúa cuando la bobina se encuentra energizada cerrando el circuito eléctrico.

Resorte.- es un muelle que se encarga de regresar a la posición inicial los contactos.

Contactos.- son elementos que su función principal es abrir o cerrar el circuito eléctrico cuando la bobina se encuentre o no energizada.

- **Contactos principales.-** son los contactos que actúan directamente sobre la carga, se encargan de abrir o cerrar el circuito de fuerza o potencia, según la norma IEC se identifican como “1-2, 3-4, 5-6”.
- **Contactos auxiliares.-** encargados de las funciones de enclavamiento, señalización y otras funciones en los circuitos de control. Están diseñados para trabajar con voltajes iguales al circuito principal. De acuerdo a la norma IEC se asigna la numeración correspondiente: 1-2 contactos normalmente cerrados, 3-4 normalmente abiertos, 5-6 contactos de apertura temporizada y 7-8 de cierre temporizado.

1.11.2 Selección del contactor

Al momento de elegir un contactor que se ajuste a los requerimientos deseados se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Tensión de alimentación, corriente, frecuencia de la bobina y elementos auxiliares.
- Tensión y potencia nominal de la carga.
- Tipo de circuito sea trifásico, monofásico o bifásico.
- Corriente de consumo del motor (corriente de servicio).
- Tipo de arranque del motor directo, estrella-triángulo, etc.

- Número de veces que el circuito abre o cierra, se puede necesitar un contactor que permanezca abierto o sea enclavado una o dos veces al día.
- Tiempo que permanecen los contactos accionados.
- Condiciones de trabajo.

1.11.3 Categorías de empleo

Los contactores son sometidos a rigurosas maniobras en diferentes tipos de carga por eso se define categorías. La norma IEC 60947-4-1 define distintos tipos de categorías de empleo para contactores en corriente alterna.

Empleo para contactores en corriente alterna- Norma IEC60947-4-1 (Schneider Electric España S.A, 2005, p. 182)

Categoría AC-1: Esta categoría se emplea a todos las cargas de corriente alterna cuyo factor de potencia deber ser mayor o igual a 0,95 ($\cos\phi \geq 0,95$). Tales como calefacción, iluminación, distribución.

Categoría AC-2: Esta categoría se representa el arranque, frenado a contracorriente y la marcha de los motores de anillos o rotor bobinado. En el cierre se establece la intensidad de arranque de 2,5 veces aproximadamente la corriente nominal del motor, y en la apertura se deberá cortar la intensidad de arranque con un voltaje igual a la línea o red.

Categoría AC-3: se aplica a motores de inducción jaula de ardilla, en el cierre el contactor estable la intensidad de arranque de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor, y en la apertura se corta la intensidad nominal absorbida por el motor con tensión en los terminales de 20% aproximadamente a la tensión de la red.

Ejemplo: motores de jaula de ardilla, ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, elevadores de cangilones, compresores, bombas, mezcladoras, climatizadores, etc.

Categoría AC-4: es aplicado a motores de jaula de ardilla o de anillos, durante la conexión el contactor cierra bajo un pico de intensidad de 5, incluso 7 veces la corriente nominal del motor,

en la apertura corta de manera severa esta intensidad bajo una tensión igual a la tensión de la red. Ejemplos de utilización: máquinas de impresión, trefiladoras, elevadores, metalurgia.

1.12 Elementos de maniobra y protección

1.12.1 Elementos de maniobra

Los elementos de accionamiento son aquellos que permiten la manipulación de máquinas, líneas de producción o diferentes instalaciones técnicas convirtiendo los mandos humanos en mandos para la máquina. Dentro de estos elementos se encuentran:

1.12.1.1 Pulsadores eléctricos

El pulsador es un dispositivo que al ser accionado por el usuario permite que los contactos normalmente abierto (NO) o normalmente cerrado en reposo (NC) se unan y permitan o no el paso de la energía. Para evitar que le operador accione el botón equivocado se utiliza un código de colores por lo general, verde para arranque y rojo para detener el proceso.



Figura 39-1 Pulsador Eléctrico

Fuente: <https://adajusa.es/>

1.12.1.2 Lámparas de señalización

Son elementos que se utilizan para indicar al usuario el funcionamiento, marcha o parada de la máquina o proceso, generalmente rojo para aviso de paro o avería y luz verde para el funcionamiento. Se lo designa con la letra H.



Figura 40-1 Lámpara de señalización

Fuente: <http://www.electroipartes.com/>

1.12.1.3 Conductores eléctricos

Un conductor eléctrico es un material conductor compuesto de hilos de metal de aluminio o cobre que permite el paso de la corriente eléctrica. Están formados por aislamiento, alma conductora y caja protectora.



Figura 41-1 Conductores Eléctricos

Fuente: <http://jdelectricos.com.co/>

- Los conductores de protección o tierra suelen usar aislante de color verde, o verde y amarillo, además se los puede encontrar como un alambre o cable de cobre sin aislante.
- Los conductores de neutro usan aislante de color azul claro (Europa), para instalaciones eléctricas de viviendas se usa conductores de aislantes color blanco.
- El conductor de fase puede ser de cualquier color los más usados son marrón, negro, rojo o azul oscuro se usa para las mayoría de las instalaciones y cableados.

1.12.2 Elementos de protección

Son dispositivos diseñados para proteger al operario, las instalaciones eléctricas y a los equipos de sobre intensidades y sobrecargas producidas.

1.12.2.1 Interruptor Magnetotérmico

Es un elemento de protección a circuitos eléctricos de sobrecargas y cortocircuitos, tiene la ventaja de que al actuar frente a un cortocircuito se rearman por si solos y siguen funcionando lo que no ocurre con los fusibles.



Figura 42-1 Interruptor Magnetotérmico
 Fuente: <http://www.schneider-electric.es/>

1.12.2.2 Interruptor Diferencial

Un interruptor diferencial es un elemento de protección que corta la intensidad de corriente cuando existe una derivación a tierra, protegiendo a las personas de posibles accidentes.



Figura 43-1 Interruptor diferencial

Fuente: <http://www.schneider-electric.es>

1.12.2.3 Fusibles

Son elementos que al superar la corriente de un determinado valor se funden y abren el circuito eléctrico previniendo posibles accidentes.



Figura 44-1 Fusibles

Fuente: <http://www.tme.eu>

CAPÍTULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Análisis de sistema actual

Previo a la implementación del sistema se realiza un diagnóstico para evaluar cómo se lleva a cabo el trabajo por parte del operador, de esta manera se recolecta información del procedimiento para poder determinar un desempeño óptimo; además de un análisis de la estructura actual del área de trabajo para identificar los posibles problemas que afectan en el funcionamiento del proceso.

2.1.1 Diagnóstico de la estructura del espacio de trabajo

Se realiza una evaluación del estado y funcionamiento del bombo de acabados en húmedo como se puede observar en la figura 1-2 con la finalidad de evidenciar los requerimientos que con lleva realizar el proceso como es el arranque del motor, tiempo de rotación, tipo de pieles que ingresan, además de las condiciones de la instalación eléctrica con las que cuenta el laboratorio de curtiembre para posteriormente realizar la implementación del nuevo sistema.



Figura 1-2 Bombo de Acabados en Húmedo FCP-ESPOCH

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

Durante la evaluación se detecta que gran parte del bombo y de la estructura mecánica se encuentra en deterioro por la falta de un correcto mantenimiento; ya que al usar agentes químicos en el lavado de las pieles el desgaste es mucho más rápido, se identifica además que el operador tiene que estar constantemente controlando el tiempo de lavado debido a que en la ejecución no interviene ningún tipo de tecnología que facilite el proceso.

De acuerdo a la información recolectada se ha determinado los requerimientos que el sistema necesita implementar para mejorar el desempeño en el funcionamiento de la máquina.

2.1.2 Mantenimiento y Readecuación del área de trabajo

Al realizar el diagnóstico del área de trabajo se identifica que tras la realización de cada procedimiento en el tratamiento de pieles no se efectúa ningún tipo de mantenimiento lo que genera un desgaste notorio en gran parte del bombo y fallas durante el funcionamiento, como se puede observar en la figura 2-2.



Figura 2-2 Bombo previo al mantenimiento
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.1.2.1 *Lijado y barnizado del bombo*

Para poder realizar el mantenimiento se procede primero al lijado correspondiente en su totalidad del bombo con un lijado grueso y luego un fino con el objetivo de igualar, limpiar y eliminar de la superficie los residuos que quedan después de cada procesado como se indica en la figura 3-2, asegurando así una mejor fijación del barniz a la madera.



Figura 3-2 Lijado correspondiente del bombo
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

A continuación del lijado se procede al barnizado de la superficie del bombo con la finalidad de preservar y proteger a la madera de agentes atmosféricos, y del uso que se le da en el proceso haciéndolo resistente físicamente y con un aspecto más vistoso como se muestra en la figura 4-2.



Figura 4-2 Barnizado correspondiente del bombo

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.1.2.2 *Reparación de la tapa del bombo*

Al realizar las pruebas correspondientes se evidencia que existen fugas excesivas durante el rodaje del bombo, y al revisar el estado mecánico de la tapa se observa desgaste y ruptura en su totalidad, como se puede observar en la figura 5-2 el estado actual de la tapa, además de que no se asegura correctamente en el bombo durante el funcionamiento.



Figura 5-2 Estado actual de la tapa antes del mantenimiento

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

Motivo por el cual es indispensable la inmediata elaboración de una tapa nueva con las mismas dimensiones con la finalidad de que se elimine las fugas existentes durante el rodaje y se asegure correctamente, en la figura 6-2 y figura 7-2 se observa la tapa nueva y la implementación que se realiza en el bombo respectivamente.



Figura 6-2 Tapa nueva para el bombo

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016



Figura 7-2 Implementación de la tapa en el bombo

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.1.2.3 *Engrasado de los ejes del bombo*

Se evidencia que por falta de mantenimiento existe en los ejes del bombo depósitos de grasa obsoleta lo que genera resistencia al momento de ponerlo en funcionamiento como se puede observar en la figura 8-2.



Figura 8-2 Eje del bombo con grasa obsoleta
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

Debido a este problema que se genera durante el rodaje del bombo se procede a limpiar completamente los ejes eliminando la grasa antigua y se engrasa nuevamente con grasa número #3 para disminuir la resistencia y el rozamiento entre las superficies de los ejes con la madera, observándose en la figura 9-2.



Figura 9-2 Limpieza y engrasado de los ejes del bombo
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.1.2.4 Reemplazo del motor eléctrico

Debido a la excesiva carga, tiempo de uso prolongado, accionamiento, arranque y paro directo que es sometido el motor eléctrico durante el funcionamiento, se produce una ruptura en su eje

como se puede observar en la figura 10-2 inhabilitando en su totalidad al bombo, todo se debe al mal dimensionamiento y al continuo esfuerzo que se proporciona al motor durante la ejecución del proceso.



Figura 10-2 Motor con ruptura en su eje
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

Razón por la cual se reemplaza por un nuevo motor trifásico de 3HP marca siemens mostrado en la figura 11-2 que se selecciona de acuerdo a los requerimientos de la máquina para evitar problemas posteriores, además con el sistema que se implementa se asegura que fallas como las sucedidas no vuelvan a ocurrir.



Figura 11-2 Motor de 3HP Siemens para el reemplazo
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.2 Diseño del sistema eléctrico

2.2.1 Dimensionamiento de conductores

2.2.1.1 Dimensionamiento para el calibre de la acometida por corriente de carga

Para el dimensionamiento del calibre correspondiente de la acometida se utiliza el procedimiento de dimensionamiento por corriente de carga.

Corrientes de entrada según datos técnicos de los dispositivos

Fuente de alimentación de 1,1 A

Variador de frecuencia de 27,2 A

La corriente de entrada del PLC y de la pantalla HMI está en el rango de los mA por lo que descarta su valor para el cálculo.

Cálculo del calibre

$$I_c = I_1 + I_2$$

Donde:

I_c = Corriente de carga

I_1 = Corriente del variador de frecuencia

I_2 = Corriente de la fuente de alimentación

$$I_c = 27,2 A + 1,1 A = 28,3 A$$

$$I_c = 28,3 A * 1,25 = \mathbf{35,38 A}$$

Se multiplica la corriente obtenida por el factor de reserva del conductor que es de 1,25 esto se debe realizar para corregir la corriente; se obtiene 35,38 A de corriente de entrada.

 Alambres y Cables Tipo THW-LS/THHW-LS Alambres y Cables THWN / THHN Alambres Duplex TWD 600 V Antiflama										
Calibre AWG / KCM	Número de Hilos	Diámetro Conductor mm	Espesor del Aislamiento mm	Diámetro Exterior de Aislamiento mm	Área Sección Transversal mm ²	Cap. de Conducción Corriente Amperes			Resistencia Ω/km 20°C C.D.	Peso Aproximado kg/100 m
						Aire	Cond.	Charola		
Alambres										
14	1	1.62	0.76	3.14	2.082	30			8.28	2.74
12	1	2.05	0.76	3.57	3.307	40			5.21	4.00
10	1	2.58	0.76	4.11	5.260	55			3.28	5.93
8	1	3.26	1.14	5.54	8.367	70			2.06	9.94
Cables										
20	7	0.92	0.76	2.44	0.517		7	7	33.9	1.11
18	7	2.93	0.76	2.68	0.832		10	10	21.4	1.48
16	7	3.70	1.14	2.98	1.307		20	25	13.5	2.05
14	7	1.85	0.76	3.37	2.082		25	30	8.45	2.93
12	7	2.33	0.76	3.85	3.307		30	40	5.32	4.28
10	7	2.93	0.76	4.45	5.260		40	55	3.34	6.36
8	7	3.70	1.14	5.98	8.367		50	70	2.10	10.61
6	7	4.67	1.52	7.71	13.300		70	100	1.32	17.17
4	7	5.88	1.52	8.92	21.150		90	135	0.832	25.54
2	7	7.42	1.52	10.46	33.620		120	180	0.523	38.55
1/0	19	9.15	2.03	13.21	53.480		155	245	0.329	62.33
2/0	19	10.27	2.03	14.33	67.430		185	285	0.261	76.82
3/0	19	11.53	2.03	15.59	85.010		210	330	0.207	94.95
4/0	19	12.95	2.03	17.01	107.20		235	385	0.164	117.63
250	37	14.62	2.41	19.44	126.70		270	425	0.139	141.12
300	37	16.01	2.41	20.83	152.00		300	480	0.116	166.95
350	37	17.29	2.41	22.11	177.30		325	530	0.0992	192.75
400	37	18.49	2.41	23.31	202.70		360	575	0.0868	218.49

NOTA: SON VALORES APROXIMADOS SUJETOS A TOLERANCIAS DE MANUFACTURA.

Factores de Corrección.			
Por Agrupamiento		Por Temperatura	
No. Conductores	Multiplique por	Temp. Ambiente	Multiplique por
1-3	1.00	0-30	1.00
4-6	0.80	31-40	0.91
7-24	0.70	41-45	0.87
25-42	0.60	46-50	0.82
MAS DE 42	0.50		

Figura 12-2 Tabla para el cálculo del calibre de conductores eléctricos IUSA

Fuente: <http://mantenimientodepc195.blogspot.com/2011/08/tablas-de-de-la-electronica-calibra-de.html>

La corriente de salida obtenida es de 35,38 A por lo tanto de acuerdo a la figura 12-2 para el conductor número 10 AWG la capacidad de conducción es de 40 A siendo correcto el uso de este calibre.

2.2.1.2 Dimensionamiento para el calibre del circuito de control por corriente de carga

Para el dimensionamiento del calibre del circuito de control se usa la corriente de salida correspondiente del PLC que es de 2A a 220V.

Cálculo del calibre

$$I_{c1} = 2 A * 1,25$$

$$I_{c1} = 2,5 A$$

Como se indica en el apartado anterior se multiplica la corriente obtenida por el factor de reserva del conductor 1,25.

Según las normas NEC las cargas continuas que no superen los 5,6 Amperios se conectarán con conductores de calibre # 18AWG.

2.2.2 Selección del breaker

Tomando en cuenta I_c de 35,38 A y la tabla mostrada en la figura 13-2 se escoge el breaker siemens bipolar de 40 A.

5SL6										
Corriente Nominal	Tipo Curva B (disparo em curto-circuito 3 a 5 x In)					Tipo Curva C (disparo em curto-circuito 5 a 10 x In)				
	Monopolar (1P)	Bipolar** (1P+N)	Bipolar (2P)	Tripolar (3P)	Tetrapolar** (3P+N)	Monopolar (1P)	Bipolar** (1P+N)	Bipolar (2P)	Tripolar (3P)	Tetrapolar** (3P + N)
0,3 A	--	--	--	--	--	5SL6 115-7 MB*	5SL6 515-7 MB*	5SL6 215-7 MB*	5SL6 315-7 MB*	5SL6 615-7 MB*
0,5 A	--	--	--	--	--	5SL6 105-7 MB	5SL6 505-7 MB*	5SL6 205-7 MB	5SL6 305-7 MB	5SL6 605-7 MB*
1 A	--	--	--	--	--	5SL6 101-7 MB	5SL6 501-7 MB*	5SL6 201-7 MB	5SL6 301-7 MB	5SL6 601-7 MB*
1,6 A	--	--	--	--	--	5SL6 115-7 MB	5SL6 515-7 MB*	5SL6 215-7 MB*	5SL6 315-7 MB*	5SL6 615-7 MB*
2 A	--	--	--	--	--	5SL6 102-7 MB	5SL6 502-7 MB*	5SL6 202-7 MB	5SL6 302-7 MB	5SL6 602-7 MB*
3 A	--	--	--	--	--	5SL6 103-7 MB	5SL6 503-7 MB*	5SL6 203-7 MB	5SL6 303-7 MB*	5SL6 603-7 MB*
4 A	--	--	--	--	--	5SL6 104-7 MB	5SL6 504-7 MB*	5SL6 204-7 MB	5SL6 304-7 MB	5SL6 604-7 MB*
6 A	5SL6 106-6 MB	5SL6 506-6 MB*	5SL6 206-6 MB	5SL6 306-6 MB*	5SL6 606-6 MB*	5SL6 106-7 MB	5SL6 506-7 MB	5SL6 206-7 MB	5SL6 306-7 MB	5SL6 606-7 MB
10 A	5SL6 110-6 MB	5SL6 510-6 MB*	5SL6 210-6 MB	5SL6 310-6 MB*	5SL6 610-6 MB*	5SL6 110-7 MB	5SL6 510-7 MB	5SL6 210-7 MB	5SL6 310-7 MB	5SL6 610-7 MB
13 A	5SL6 113-6 MB	5SL6 513-6 MB*	5SL6 213-6 MB	5SL6 313-6 MB*	5SL6 613-6 MB*	5SL6 113-7 MB	5SL6 513-7 MB	5SL6 213-7 MB	5SL6 313-7 MB	5SL6 613-7 MB*
16 A	5SL6 116-6 MB	5SL6 516-6 MB*	5SL6 216-6 MB	5SL6 316-6 MB*	5SL6 616-6 MB*	5SL6 116-7 MB	5SL6 516-7 MB	5SL6 216-7 MB	5SL6 316-7 MB	5SL6 616-7 MB
20 A	5SL6 120-6 MB	5SL6 520-6 MB*	5SL6 220-6 MB	5SL6 320-6 MB*	5SL6 620-6 MB*	5SL6 120-7 MB	5SL6 520-7 MB	5SL6 220-7 MB	5SL6 320-7 MB	5SL6 620-7 MB
25 A	5SL6 125-6 MB	5SL6 525-6 MB*	5SL6 225-6 MB	5SL6 325-6 MB*	5SL6 625-6 MB*	5SL6 125-7 MB	5SL6 525-7 MB	5SL6 225-7 MB	5SL6 325-7 MB	5SL6 625-7 MB
32 A	5SL6 132-6 MB	5SL6 532-6 MB*	5SL6 232-6 MB*	5SL6 332-6 MB*	5SL6 632-6 MB*	5SL6 132-7 MB	5SL6 532-7 MB	5SL6 232-7 MB	5SL6 332-7 MB	5SL6 632-7 MB
40 A	5SL6 140-6 MB*	5SL6 540-6 MB*	5SL6 240-6 MB*	5SL6 340-6 MB*	5SL6 640-6 MB*	5SL6 140-7 MB	5SL6 540-7 MB	5SL6 240-7 MB	5SL6 340-7 MB	5SL6 640-7 MB
50 A	5SL6 150-6 MB*	5SL6 550-6 MB*	5SL6 250-6 MB*	5SL6 350-6 MB*	5SL6 650-6 MB*	5SL6 150-7 MB	5SL6 550-7 MB	5SL6 250-7 MB	5SL6 350-7 MB	5SL6 650-7 MB
63 A	5SL6 163-6 MB*	5SL6 563-6 MB*	5SL6 263-6 MB*	5SL6 363-6 MB*	5SL6 663-6 MB*	5SL6 163-7 MB	5SL6 563-7 MB	5SL6 263-7 MB	5SL6 363-7 MB	5SL6 663-7 MB

Figura 13-2 Tabla de selección disyuntores por corriente nominal

Fuente: Catálogo Siemens Disyuntores 5SL, 2014

2.2.3 Diseño del diagrama del circuito de mando o control

En la figura 14-2 se muestra el diagrama de conexión del circuito de mando que se elabora en el software de diseño AutoCAD, en la misma se aprecia la conexión de cada uno de los elementos para la alimentación, control de arranque, PLC Panasonic, luces piloto, pulsadores y borneras de conexión.

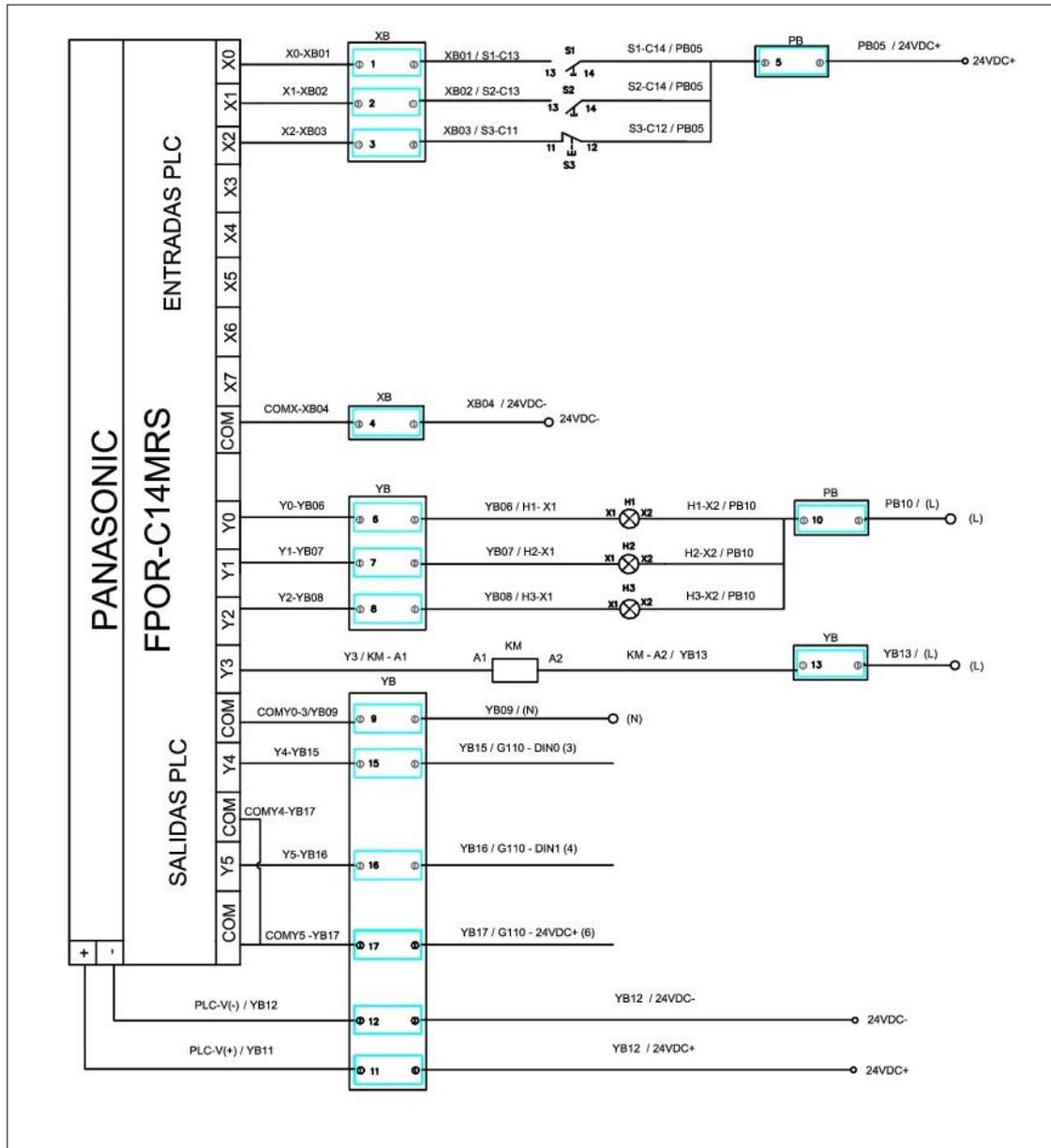


Figura 14-2 Diagrama de conexión del circuito de mando

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.2.4 Diseño del diagrama del circuito de fuerza o potencia

En la figura 15-2 se muestra el diagrama de conexión del circuito de fuerza que se elabora en el software de diseño AutoCAD, en la misma se aprecia la conexión del control de arranque del motor eléctrico con el variador de frecuencia, los contactos principales del contactor, además de la conexión para la protección del circuito.

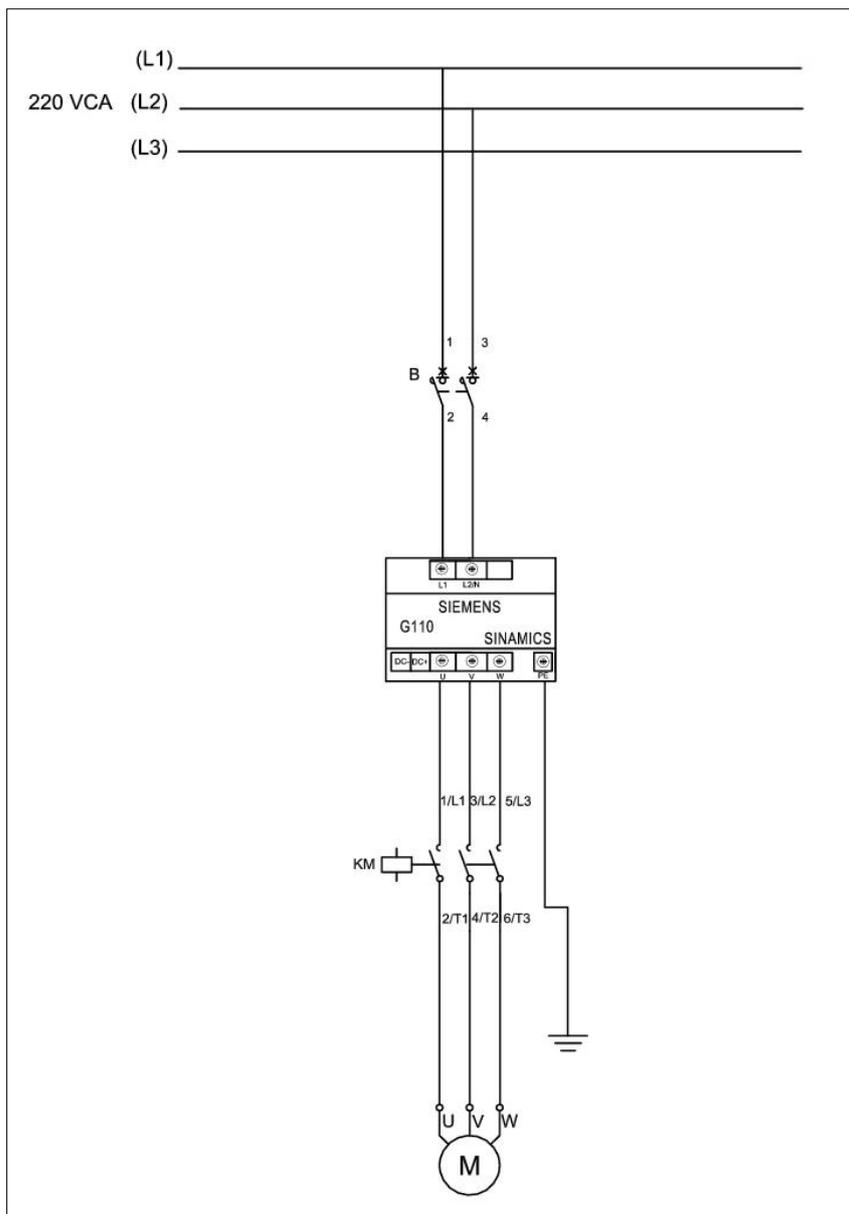


Figura 15-2 Diagrama de conexión del circuito de fuerza

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.2.5 *Diseño de la distribución de elementos en el tablero de control*

Previo a la implementación del tablero de control se realiza el diseño de la distribución de cada uno de los elementos de la parte externa e interna del tablero en el software CAD SolidWorks, mostrados en la figura 16-2 y figura 17-2.

2.2.5.1 *Parte externa del tablero de control*

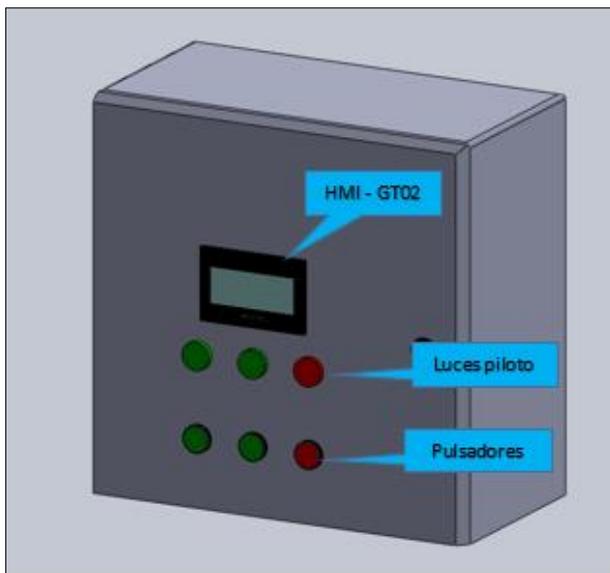


Figura 16-2 Diseño parte externa del tablero de control

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.2.5.2 *Parte interna del tablero de control*

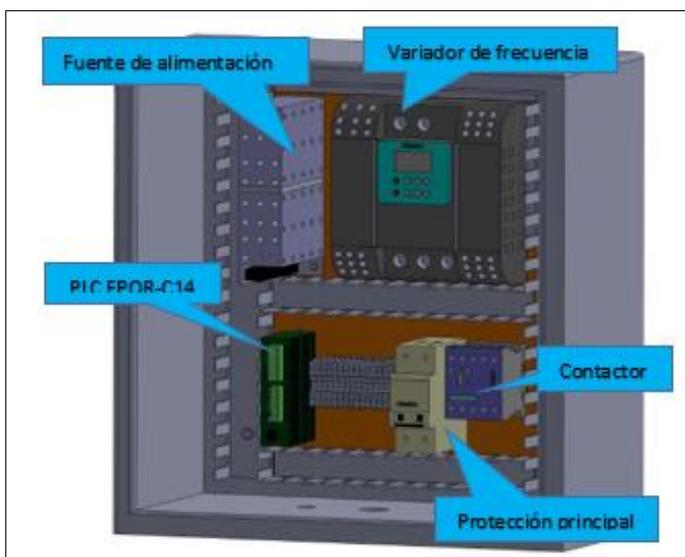


Figura 17-2 Diseño parte interna del tablero de control

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.3 Implementación del sistema eléctrico en el tablero de control

En el tablero de control de dimensiones 40cm x 40cm x 20cm se procede a la implementación del sistema eléctrico, las conexiones se realizan de acuerdo a los diseños de los circuitos de mando y fuerza mostrados en la figura 14-2 y figura 15-2.

2.3.1 Distribución de elementos del tablero de control

1. Luego del diseño de la distribución adecuada en SolidWorks se procede a colocar un riel DIN de 28,5 cm. de longitud, y canaletas de 33 cm. y 29,5 cm. de longitud para la ubicación de los equipos y el cableado correspondiente como se muestra en la figura 18-2.

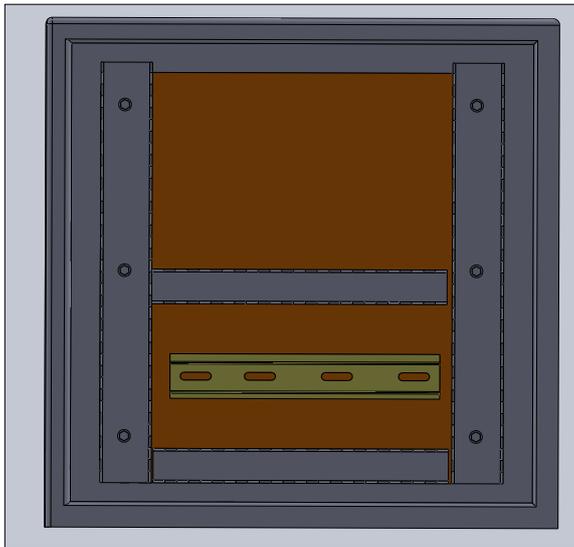


Figura 18-2 Distribución de canaletas y riel DIN

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2. Se procede a la ubicación de los dispositivos de control y protección: PLC Panasonic FPOR-C14MRS, contactor siemens de 9 A, variador de frecuencia Siemens Sinamics G110, fuente de alimentación Delta 24V 100W de 4,17 A, Breaker de 40A y 17 borneras de conexión.

A continuación se realiza el cableado de cada uno de los equipos con los conductores dimensionados como se muestra en la figura 19-2.



Figura 19-2 Cableado de los dispositivos electrónicos
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

3. En la figura 20-2 y figura 21-2 se indica la colocación y el cableado correspondiente de la pantalla HMI, luces piloto y botoneras en la parte interna de tablero.



Figura 20-2 Colocación de la pantalla HMI y botoneras
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

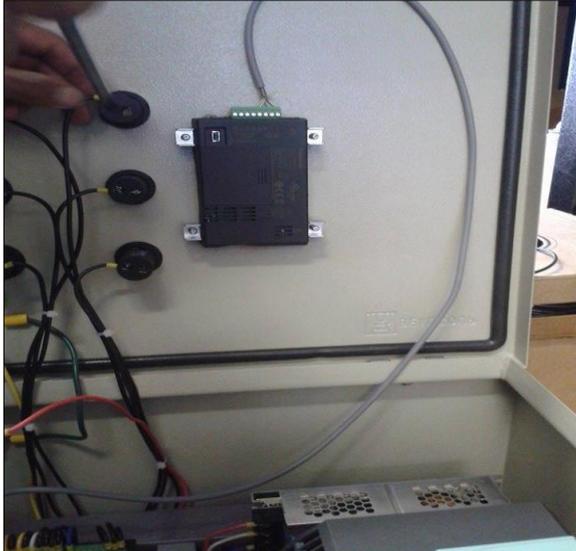


Figura 21-2 Cableado de la pantalla HMI y botoneras
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

4. En la figura 22-2 se muestra la parte frontal del tablero de control en el cual se encuentra la pantalla HMI para que el operador pueda visualizar las recetas e ingresar datos, luces piloto y pulsadores que permiten el accionamiento del sistema.



Figura 22-2 Parte frontal del tablero de control
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

5. En la figura 23-2 y figura 24-2 se muestra la parte interna y externa respectivamente del tablero de control terminado.



Figura 23-2 Vista de la parte interior del tablero terminado
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016



Figura 24-2 Vista de la parte externa del tablero terminado
Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.4 Programación del PLC FPOR-C14MRS

2.4.1 Entorno de programación FPWIN PRO

FPWIN PRO posee un navegador bien estructurado que ofrece una buena perspectiva de los registros y tareas al programador; permite una sencilla configuración de la comunicación con equipos de otras series de Panasonic y gran flexibilidad para realizar modificaciones tanto en la programación como en la configuración inicial.

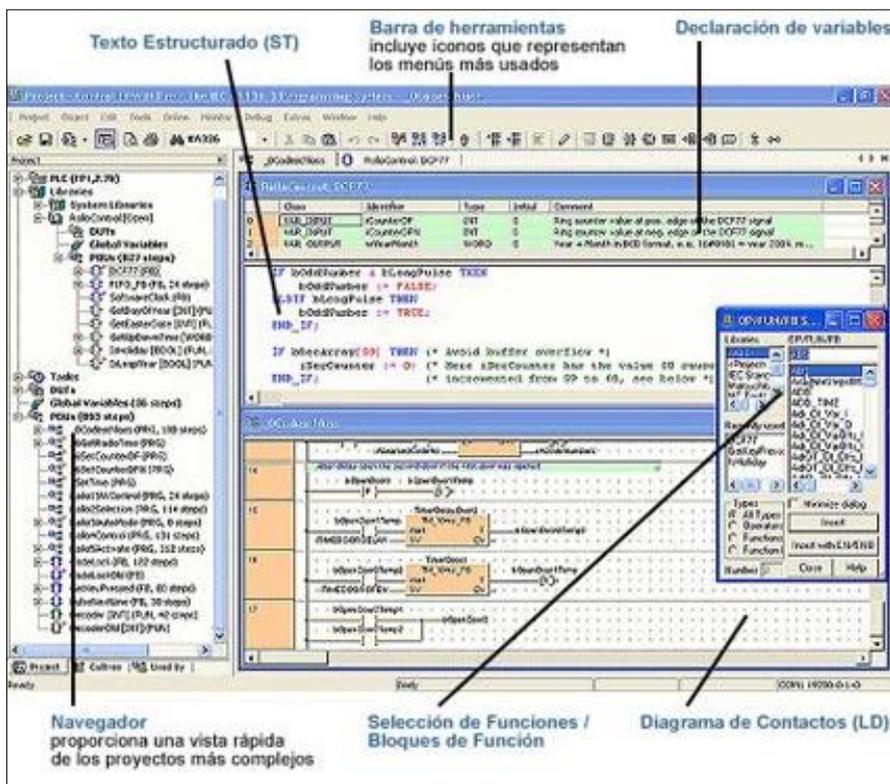


Figura 25-2 Ventana principal FPWIN

Fuente: <https://www.panasonic-electric-works.com/es/control-fpwin-pro.htm>

2.4.2 Configuración y programación

Previo a la configuración y programación se empieza con el diseño de un diagrama de flujo mostrado en la figura 26-2 simplificando así el propósito del proceso dándonos una visión general y así poder definir condiciones y procesos para cumplir las demandas del sistema.

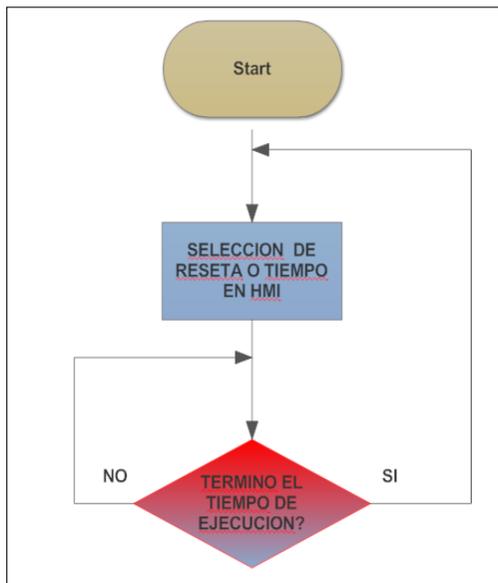


Figura 26-2 Diagrama de flujo para la programación del proceso

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

Una vez definida la problemática se la codificará en el lenguaje de programación y el software escogido acorde a la tecnología usada. Para la programación de la serie FPOR de Panasonic se usa el programa FPWIN PRO, ofrece 5 entornos de programación; por ser un entorno de programación más sencillo y familiar se elige el diagrama de contactos (LD).

El primer paso a seguir en el software es la creación de un nuevo proyecto donde se debe especificar el tipo de PLC, el lenguaje de programación y el nombre del proyecto.

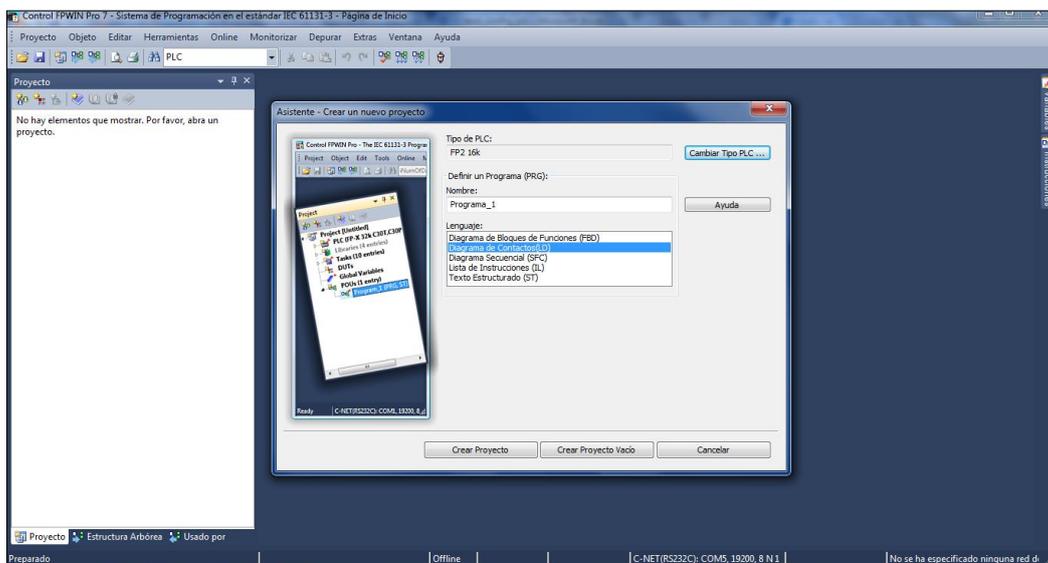


Figura 27-2 Ventana para la creación de un nuevo proyecto

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

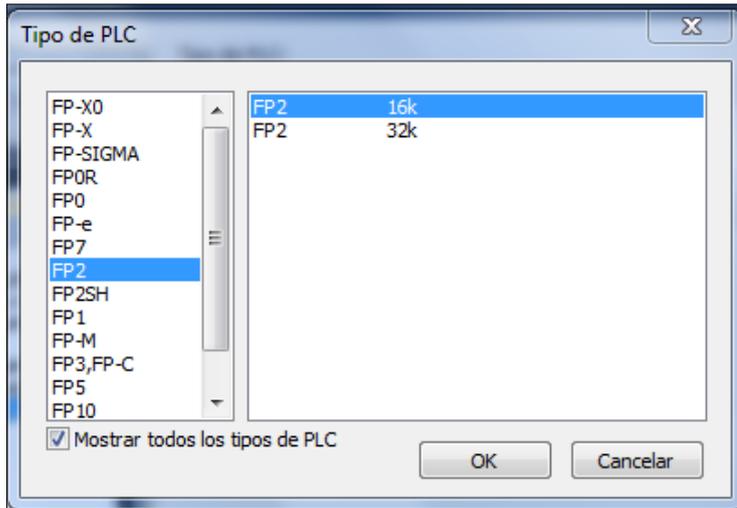


Figura 28-2 Ventana para selección del tipo de PLC

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

Ya creado el proyecto se realiza la configuración del puerto de programación véase en la figura 29-2 y el de comunicación véase en la figura 30-2, teniendo en cuenta que el enlace se hará por puerto RS232 con HMI serie GT de Panasonic.

No	Nombre del elemento	Datos	Dime...	Rango	Información Adicional
412	Modo de Comunicación	Esclavo MEWTOCOL-CO...		Esclavo MEWTOCOL-CO...	El PLC es una unidad esclava MEWTOCOL-COM. El esclavo re
410	Número de estación	1		1 a 99	Número de estación (disponible en el modo de comunicaci
415	Velocidad	115200	baud...	115200	Selección de la velocidad del puerto.
413	Lóngitud de datos de envío	8 bits		8 bits	Selección de la longitud de datos de envío.
413	Paridad de envío	Impar		Ninguno	Selección de paridad.
413	Bits de parada de envío	1 bit		1 bit	Selección del número de bits de stop.
413	Caracter de Inicio de trama	Sin STX		Sin STX	Selección del caracter de inicio de trama (válido si el puerto e
413	Caracter de fin de trama/condición de f...	CR		CR	Selección del caracter de fin de trama (válido si el puerto está
420	Registro inicial del buffer de recepción	0		0 a 12314	Selección de la dirección inicial del buffer de recepción (dispo
421	Capacidad del buffer de recepción	0		0 a 2048	Selección del número de palabras reservadas para el buffer de
412	Conexión a Modem	Deshabilitado		Deshabilitado	Selección de conexión con un modem.

Figura 29-2 Configuración puerto de programación

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

No	Nombre del elemento	Datos	Dime...	Rango	Información Adicional
412	Modo de Comunicación	Maestro/Esclavo MEWTO...		Maestro/Esclavo MEWTO...	El PLC puede ser una unidad maestra o esclava MEWTOCOL-C
410	Número de estación	1		1 a 99	Número de estación (disponible en el modo de comunicaci
415	Velocidad	19200	baud...	115200	Selección de la velocidad del puerto.
413	Lóngitud de datos de envío	8 bits		8 bits	Selección de la longitud de datos de envío.
413	Paridad de envío	Ninguno		Ninguno	Selección de paridad.
413	Bits de parada de envío	1 bit		1 bit	Selección del número de bits de stop.
413	Caracter de Inicio de trama	Sin STX		Sin STX	Selección del caracter de inicio de trama (válido si el puerto e
413	Caracter de fin de trama/condición de f...	CR		CR	Selección del caracter de fin de trama (válido si el puerto está
416	Registro inicial del buffer de recepción	0		0 a 12314	Selección de la dirección inicial del buffer de recepción (dispo
417	Capacidad del buffer de recepción	0	palab...	0 a 2048	Selección del número de palabras reservadas para el buffer de
412	Conexión a Modem	Deshabilitado		Deshabilitado	Selección de conexión con un modem.

Figura 30-2 Configuración de la comunicación

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

El paso final es la estructuración de la programación para lo cual se define variables con abreviaturas que harán referencia a su función en el proceso como se muestra en la figura 31-2, usando las variables y los recursos del software se elabora la programación por etapas, primero para los pulsadores y luces piloto del tablero, uno de paro y dos de marcha que activan diferentes velocidades del variador de frecuencia.

Se define mediante bloques de multiplexores y contadores el tiempo de funcionamiento de los procesos para cada receta y finalmente se ubica un bloque para recibir el parámetro TIEMPO_HMI que indica cuantos minutos debe funcionar el motor y el tiempo transcurrido se muestra en una variable TIEMPO_ACTUAL.

Con el accionamiento por pulsadores el paro se realiza manualmente, si el proceso se inicia por medio de la HMI el paro es automático al cumplir el tiempo definido en el temporizador. Sin importar si el arranque se hace por pulsadores o la pantalla táctil el paro se realiza con el pulsador rojo.

	Clase	Identificador	Dirección FP	Dirección ...	Tipo	Inicial	Auto extern
0	VAR_GLOBAL	PARO	X2	%IX0.2	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
1	VAR_GLOBAL	INICIO_1	X0	%IX0.0	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
2	VAR_GLOBAL	INICIO_2	X1	%IX0.1	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
3	VAR_GLOBAL	SEL_HMI_V	R20	%MX0.2.0	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
4	VAR_GLOBAL	SEL_HMI_C	R21	%MX0.2.1	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
5	VAR_GLOBAL	SEL_HMI_CH	R22	%MX0.2.2	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
6	VAR_GLOBAL	ENCL_INI_1	R1	%MX0.0.1	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
7	VAR_GLOBAL	ENCL_INI_2	R2	%MX0.0.2	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
8	VAR_GLOBAL	FOCO_INI_1	Y0	%QX0.0	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
9	VAR_GLOBAL	FOCO_INI_2	Y1	%QX0.1	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
10	VAR_GLOBAL	FOCO_PARO	Y2	%QX0.2	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
11	VAR_GLOBAL	BOBINA_CONTACT	Y3	%QX0.3	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
12	VAR_GLOBAL	DIN_1	Y4	%QX0.4	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
13	VAR_GLOBAL	DIN_2	Y5	%QX0.5	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
14	VAR_GLOBAL	MENS_1_V	DT100	%MW5.100	WORD	0	<input type="checkbox"/>
15	VAR_GLOBAL	MENS_2_V	DT101	%MW5.101	WORD	0	<input type="checkbox"/>
16	VAR_GLOBAL	INICIO_HMI	R50	%MX0.5.0	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
17	VAR_GLOBAL	MENS_1_C	DT102	%MW5.102	WORD	0	<input type="checkbox"/>
18	VAR_GLOBAL	MENS_2_C	DT103	%MW5.103	WORD	0	<input type="checkbox"/>
19	VAR_GLOBAL	MENS_1_CH	DT104	%MW5.104	WORD	0	<input type="checkbox"/>
20	VAR_GLOBAL	MENS_2_CH	DT105	%MW5.105	WORD	0	<input type="checkbox"/>
21	VAR_GLOBAL	TIEMPO_HMI	WR5	%MW0.5	INT	0	<input type="checkbox"/>
22	VAR_GLOBAL	TIEMPO_ACTUAL	WR6	%MW0.6	INT	0	<input type="checkbox"/>
23	VAR_GLOBAL	PANTALLA_TEMP	R107	%MX0.10.7	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
24	VAR_GLOBAL	PANTALLA_CH	R103	%MX0.10.3	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
25	VAR_GLOBAL	PANTALLA_V	R101	%MX0.10.1	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>
26	VAR_GLOBAL	PANTALLA_C	R102	%MX0.10.2	BOOL	FALSE	<input type="checkbox"/>

Figura 31-1 Declaración de variables globales

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

La programación realizada en el lenguaje Ladder se indica en el Anexo C.

2.5 Programación de la HMI GT02

El software recomendado para la serie GT de Panasonic es GTWIN, es sencillo de manejar, da la facilidad de arrastrar y soltar los elementos en la pantalla y ofrece un útil conjunto de objetos ya definidos como pulsadores, bloques de mensajes, teclados, etc.

2.5.1 Configuración

La configuración se inicia con la creación del archivo, primero se debe elegir el modelo de la pantalla táctil y del PLC véase figura 32-2. Al igual que con el controlador se especifica la velocidad de transmisión y longitud de los datos, el bit de paro y de paridad procurando que coincida con la del PLC véase figura 33-2.

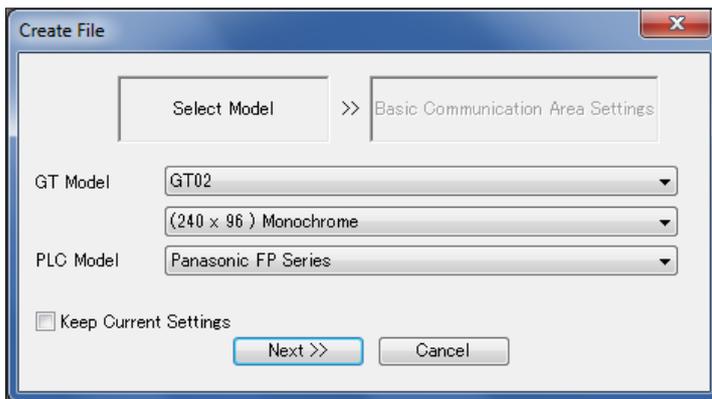


Figura 32-2 Creación del archivo

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

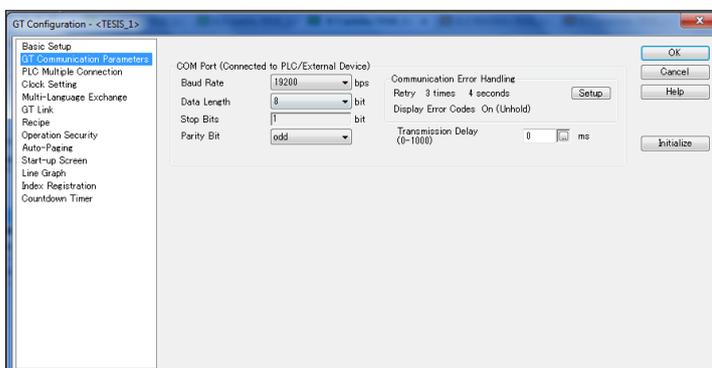


Figura 33-2 Configuración de parámetros de comunicación

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.5.2 Pantalla inicial

Una vez configurado el dispositivo se comienza con el desarrollo de la interfaz gráfica, se crea una pantalla de inicio como se muestra en la figura 34-2, al pulsar en INGRESAR se direcciona a una pantalla del menú principal véase figura 35-2.

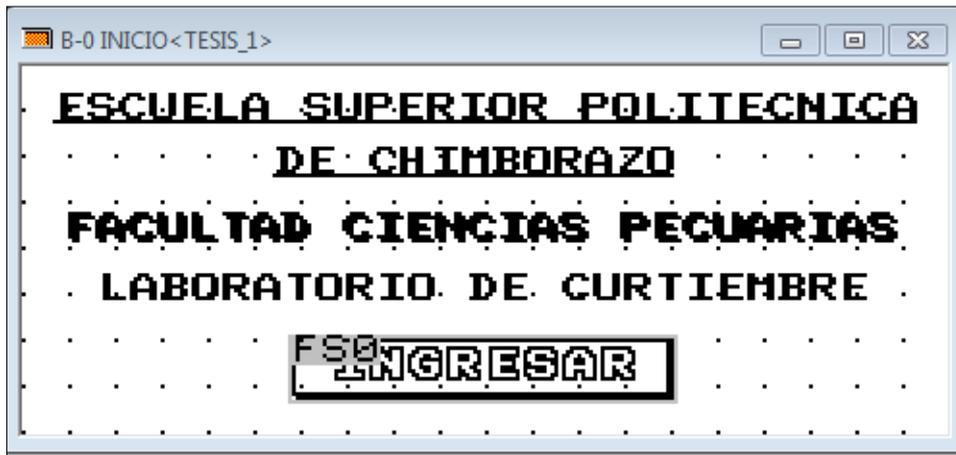


Figura 34-2 Pantalla de inicio HMI

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

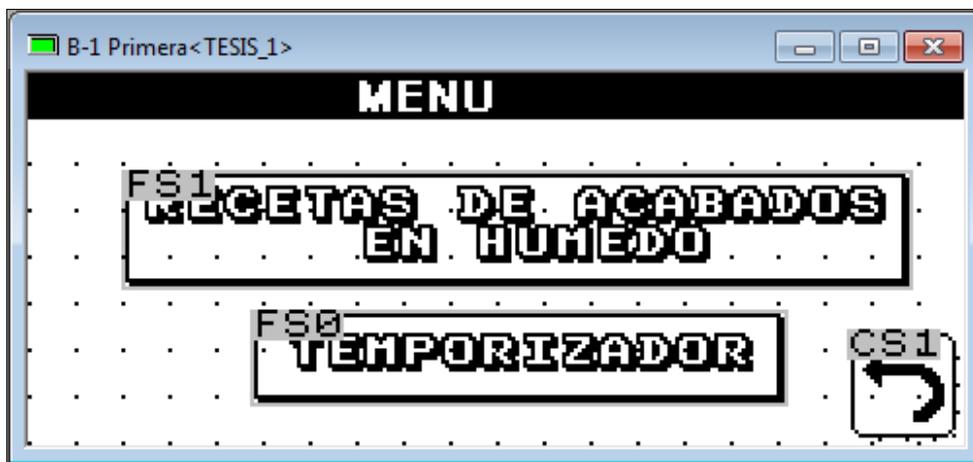


Figura 35-2 Pantalla Menú principal HMI

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.5.3 Pantalla de Recetas de acabado en húmedo

Dentro del submenú véase figura 36-2 se encuentran tres recetas las cuales tienen una interfaz similar véase en las figuras 37-2, 38-2 y 39-2; poseen un selector del proceso a realizar y un botón de inicio.

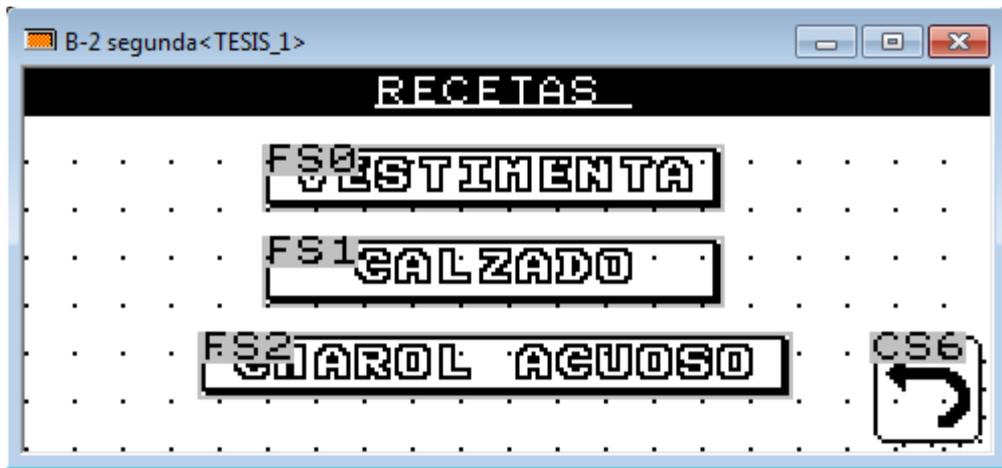


Figura 36-2 Pantalla Submenú recetas

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

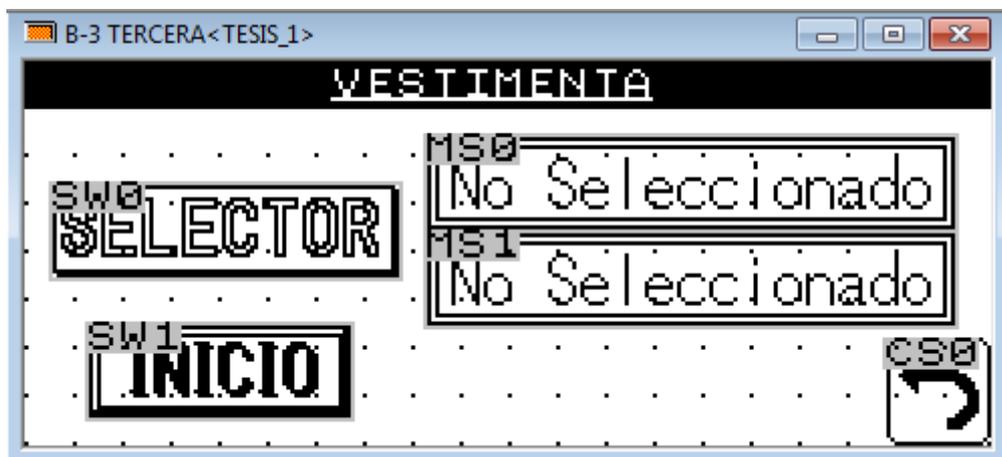


Figura 37-2 Pantalla receta para vestimenta

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

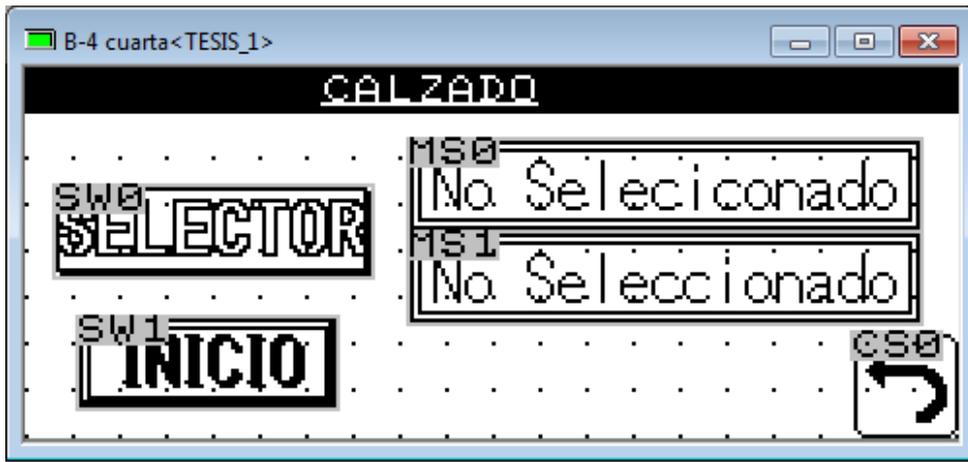


Figura 38-2 Pantalla receta para calzado
 Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

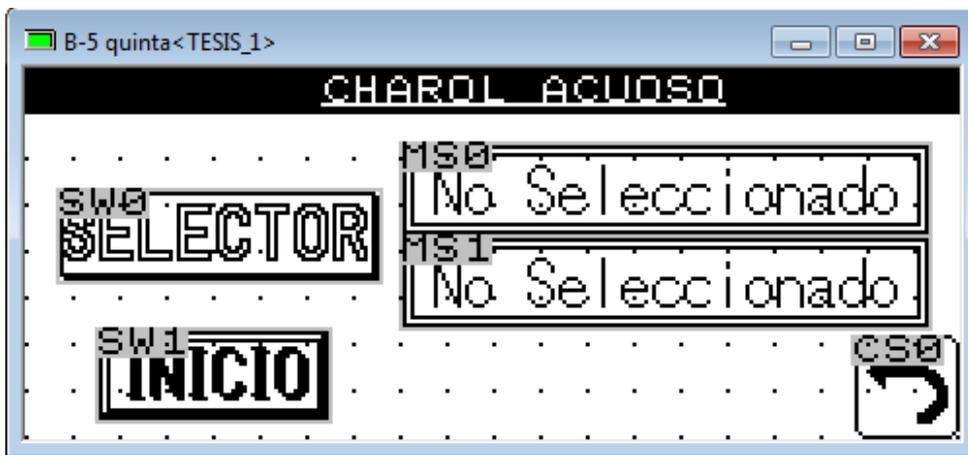


Figura 39-2 Pantalla receta para charol acuoso
 Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.5.4 Pantalla parámetro del temporizador

La pantalla del temporizador como se muestra en la figura 40-2 tiene dos casillas una es para ingresar por el teclado un valor que será leído como minutos y la segunda visualiza el conteo del tiempo de funcionamiento.



Figura 40-2 Pantalla del temporizador

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.6 Configuración del variador de frecuencia SINAMICS G110

2.6.1 Dimensionamiento

Para el dimensionamiento y selección del variador se considera los siguientes aspectos:

- El voltaje de la red eléctrica 220VAC línea–línea bifásica
- Frecuencia de la red 60Hz
- Carga de Par constante
- Potencia nominal del motor 3HP ~ 2,2kW
- Voltaje nominal del motor 220VAC
- Corriente nominal del motor 9,6A
- Frecuencia nominal del motor 60Hz
- Velocidad nominal del motor 1675rpm
- Condiciones de trabajo del motor IP55, es decir, protección contra los residuos de polvo y protección contra chorros de agua de cualquier dirección con manguera.

Teniendo en cuenta que el motor posee una carga de par constante la corriente de salida tiene que ser mayor a la corriente nominal del motor para evitar sobrecalentamiento. Se selecciona el variador Sinamics G110 con las siguientes características:

- Tensión de entrada 200VAC – 240VAC bifásico
- Corriente de entrada 27,2 A
- Corriente de salida 11 A
- Condiciones de trabajo del variador IP20, es decir, que cuenta con una protección contra el contacto entre los dedos y las partes interiores móvil; contra el ingreso de objetos solidos con un diámetro mayor a 12,5 mm y sin protección especial.

Todas las especificaciones técnicas del variador de frecuencia Sinamics G110 se encuentran en el Anexo E.

2.6.2 Parámetros de configuración

En la tabla 1-2 se detalla los parámetros del variador y los valores correspondientes.

Tabla 1-2 Detalles de los parámetros del variador

DETALLES PARÁMETROS	PARÁMETROS VARIADOR	VALORES
Visualizador accionamiento	r0000	0,00 Hz
Estado de accionamiento	r0002	1
Nivel de acceso de usuario	P0003	4
Filtro de parámetro	P0004	0
Selección de la indicación	P0005	21
Filtro parámetro para puesto servicio	P0010	0
Modo guardar	P0014[3]	0
Versión del firmware	r0018	1,21
CO/BO: BOP	r0019	----- (Palabra)
Frecuencia después del RFG	r0020	0,00 Hz
Frecuencia real	r0021	0,00 Hz
Frecuencia salida real	r0024	0,00 Hz
Tensión salida real	r0025	0 V
Tensión intermedia filtrada	r0026	303 V
Corriente salida real	r0027	0,00 A
Temperatura del motor	r0034	0,3
Valor real palabra estado 1	r0052	----- (Palabra)
Valor real palabra estado 2	r0053	----- (Palabra)
Valor real palabra mando 1	r0054	----- (Palabra)
Palabra control real adicional	r0055	----- (Palabra)
Estado control del motor	r0056	----- (Palabra)
Limite corriente real de salida	r0067	12,75 A
Europa /América Frecuencia	P0100	1

Continuará...

Continúa...

Confirma la reserva de potencia real	P0201	4013
Reacción convertidor ante sobrecarga	P0290	0
Tiempo retardo desconexión	P0295	0
Tensión nominal del motor	P0304	220 V
Corriente nominal del motor	P0305	9,60 A
Potencia nominal del motor	P0307	3,00
cosPhi nominal del motor	P0308	0,76
Rendimiento nominal del motor	P0309	80,0
Frecuencia nominal del motor	P0310	60 Hz
Velocidad nominal del motor	P0311	1675 Min
Refrigeración del motor	P0335	0
Calculo de parámetros del motor	P0340	0
Tiempo de magnetización	P0346	0,128
Tiempo de desmagnetización	P0347	0,320
Resistencia estator, fase a fase	P0350	2,1232
Reacción temperatura I2t en el motor	P0610	2
Constante tiempo I2t del motor	P0611	1174
Nivel sobrecarga I2t motor	P0614	110,0
Factor sobrecarga motor [%]	P0640	150,0
Selección fuente de ordenes	P0700	2
Función de entrada digital 0	P0701	16
Función de la entrada digital 1	P0702	16
Función de la entrada digital 2	P0703	16
Función de la entrada digital 3	P0704	0
Selección de comandos y frecuencia	P0719[2]	3
T. eliminación de rebote entradas digital	P0724	3
Método de control 2-hilos/3-hilos	P0727	0
Función de salida digital 0	P0731	22
Invertir las salidas digitales	P0748	----- (Palabra)
Tiempo de filtrado de la ADC	P0753	3
Valor x1 escalado de la ADC	P0757	0 V
Valor y1 escalado de la ADC	P0758	0,00
Valor x2 escalado de la ADC	P0759	10 V
Valor y2 escalado de la ADC	P0760	100,00
Ancho banda muerta de la ADC	P0761	0,00 V
Transf. Parám. SINAMICS --BOP	P0802	0
Transf. Parám. BOP--SINAMICS	P0803	0
Fuente local / remoto	P0810	0
Parámetros modificables vía	P0927	---- (Palabra)
Reposición a valores de fabrica	P0970	0
Transferencia de datos de la RAM	P0971	0
Selección consigna de frecuencia	P1000	3
Frecuencia fija 1	P1001	55 Hz
Frecuencia fija 2	P1002	15 Hz
Frecuencia fija 3	P1003	-15 Hz
Memorización de consigna del MOP	P1031	0
Inhibir inversión de sentido de MOP	P1032	1
Consigna del MOP	P1040	6 Hz
Frecuencia JOG	P1058	6 Hz
Tiempo de aceleración y desacel. JOG	P1060	10.00

Continuará...

Continúa...

Frecuencia mínima	P1080	0,00 Hz
Frecuencia máxima	P1082	60 Hz
Frecuencia inhibida	P1091	10 Hz
Inhibición de las frecuencias	P1110	0
Tiempo de aceleración	P1120	10,00
Tiempo de deceleración	P1121	10,00
Redondeo de rampa	P1130	0
Tipo de redondeo	P1134	0
Tiempo deceleración OFF3	P1135	5
Rearranque al vuelo	P1200	0
Corriente-motor: rearmado al vuelo	P1202	100
Búsqueda velocidad: rearmado al vuelo	P1203	100
Rearranque automático	P1210	1
Habilitación del freno mantenimiento	P1215	0
Retardo apertura freno mantenimiento	P1216	1,0
Tiempo cierre tras deceleración	P1217	1,0
corriente frenado c. continua	P1232	100
Duración del frenado c. continua	P1233	0
Frecuencia inicio freno c. continua	P1234	780,00 Hz
Corriente frenado combinado	P1236	0
Configuración del regulador VDC	P1240	1
Modo de control	P1300	2
Elevación continua	P1310	50,0
Elevación para aceleración	P1311	0,0
Elevación en arranque	P1312	0,0
Frecuencia final de elevación	P1316	19,1
Coord. 1 frecuencia program. Curva V/F	P1320	0,00 Hz
Coord. 1 tensión programa. Curva V/F	P1321	0,0 V
Coord. 2 frecuencia program. Curva V/F	P1322	0,00 Hz
Coord. 2 tensión programa. Curva V/F	P1323	0,0 V
Coord. 3 frecuencia program. Curva V/F	P1324	0,00 Hz
Coord. 3 tensión programa. Curva V/F	P1325	0 V
Campo de acc. Comp. Deslizamiento	P1334	6
Compensación del deslizamiento	P1335	0
Frecuencia pulsación	P1800	8
Frecuencia de referencia	P2000	60 Hz
Velocidad de transferencia USS	P2010	7
Dirección USS	P2011	2
USS longitud PZD	P2012	2
USS longitud PKW	P2013	127
Retardo telegrama USS	P2014	0
Fallo externo --- USS	P2106	0
Frecuencia desconexión f_off	P2167	1,20 Hz
Umbral de tensión circuito intermedio	P2172	0 V
Fin de la puesta en servicio rápido	P3900	0

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

2.6.3 Control por entradas digitales

El ingreso de los parámetros se hace por el BOP y el control que se elige es el de entradas digitales por las borneras DIN0 Y DIN1 del variador de frecuencia, para la entrada DIN0 se configura una frecuencia de 55 Hz y de 15 Hz para la DIN1.

Borne	Significado	Funciones	
1	DOUT-	Salida digital (-)	
2	DOUT+	Salida digital (+)	
3	DIN0	Entrada digital 0	
4	DIN1	Entrada digital 1	
5	DIN2	Entrada digital 2	
6	-	Salida +24 V / máx. 50 mA	
7	-	Salida 0 V	
	Variante	Analógica	USS
8	-	Salida +10 V	RS485 P+
9	ADC1	Entrada analógica	RS485 N-
10	-	Salida 0 V	



Figura 41-2 Bornes de conexión

Fuente: <http://es.slideshare.net/Osvaldolomelisoto/sinamics-g110>

CAPÍTULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y ANÁLISIS

Tomando como antecedentes en el sistema de arranque directo se usaba un motor de 2HP, la transmisión mecánica en la polea final se hacía solo con una banda de transmisión; en el nuevo sistema se usó un motor de 3HP, un variador de frecuencia y se corrigió la transmisión mecánica aumentando una banda en la polea final.

Basándose en el tipo de acabado se eligió el número de muestras, siendo vestimenta el proceso que requiere el máximo de accionamientos correspondiente a diez también se consideró la carga máxima de trabajo en el bombo que es de 60 kg.

3.1 Análisis de las mediciones eléctricas del sistema anterior

Cabe mencionar que durante las pruebas el sistema no siempre arrancó, varias veces se atascó lo cual elevaba la corriente sin conseguir arrancar, esto suponía una ineficiencia en el proceso ya que el operario debía rodar el bombo varias veces antes de accionar nuevamente el sistema, además una excesiva elevación en la corriente suponía un posible fallo del motor por sobre corriente o un posible fallo mecánico del mismo.

Un mes después de ser tomadas las mediciones durante el proceso de acabado en húmedo el eje del motor sufrió una ruptura dejándolo fuera de funcionamiento.

3.1.1 *Arranque directo del bombo sin carga*

Durante el arranque directo del bombo no cargado se realizaron la toma de diez mediciones de la corriente eléctrica durante un intervalo de tiempo de 58 segundos mostradas en el anexo K; de las cuales se obtuvo un promedio de la corriente. En la tabla 1-3 se indica el tiempo, promedio de la corriente eléctrica y voltaje de las mediciones realizadas.

Tabla 1-3 Mediciones eléctricas durante el arranque directo del bombo sin carga

Tiempo (s)	Corriente (A)	Voltaje (V)
0	0	0
1	13,87	218
2	23,78	218
3	15,56	218
4	7,91	218
6	7,89	218
8	7,92	218
10	7,91	218
12	7,93	218
14	7,93	218
16	7,96	218
18	7,92	218
20	7,98	218
22	7,93	218
24	7,96	218
26	7,97	218
28	7,93	218
30	7,94	218
32	7,93	218
34	7,93	218
36	7,93	218
38	7,93	218
40	7,93	218
42	7,93	218
44	7,92	218
46	7,98	218
48	7,93	218
50	7,96	218
52	7,97	218
54	7,93	218
56	7,93	218
57	6,62	218
58	0	0

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 1-3 se muestra la curva de la corriente eléctrica en función del tiempo en el arranque directo del bombo sin carga, la duración en el arranque fue de cuatro segundos pasado este tiempo la corriente se estableció hasta que el motor fue detenido.

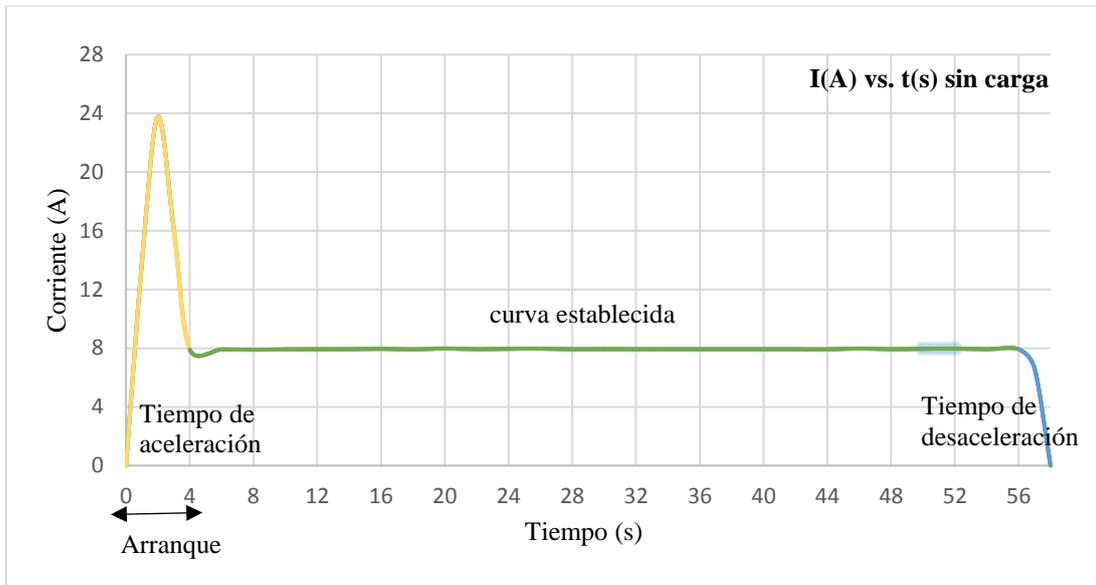


Figura 1-3 Curva corriente vs tiempo en el arranque directo sin carga

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 2-3 se muestra la curva de voltaje en función del tiempo, durante el arranque directo el voltaje fue el mismo que suministra la red de 218 V.

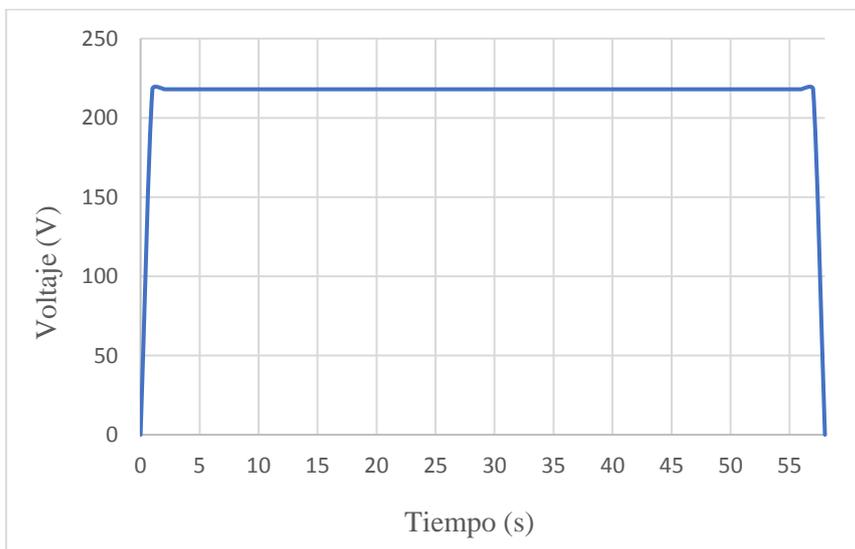


Figura 2-3 Curva voltaje vs tiempo en el arranque directo sin carga

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

3.1.2 Arranque directo del bombo con carga de 60kg

De la misma manera que en el apartado anterior, se realizaron 10 mediciones de la corriente eléctrica durante el arranque directo con la carga máxima que soporta el bombo de 60kg durante un intervalo de tiempo de 58 segundos mostrados en el anexo K, en la tabla 2-3 se indica el tiempo, promedio de las corrientes obtenidas y el voltaje de las mediciones realizadas.

Tabla 2-3 Mediciones eléctricas arranque directo del bombo con carga de 60kg

Tiempo (s)	Corriente (A)	Voltaje (V)
0	0	0
1	11,4	218
2	20,87	218
3	12,38	218
4	8,98	218
6	8,93	218
8	8,96	218
10	8,88	218
12	8,94	218
14	8,87	218
16	8,84	218
18	8,87	218
20	8,85	218
22	8,88	218
24	8,86	218
26	8,82	218
28	8,84	218
30	8,83	218
32	8,86	218
34	8,84	218
36	8,87	218
38	8,84	218
40	8,85	218
42	8,88	218
44	8,86	218
46	8,82	218
48	8,83	218
50	8,86	218
52	8,87	218
54	8,84	218
56	8,84	218
57	7,75	218
58	0	0

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 3-3 se muestra la curva de la corriente eléctrica en función del tiempo durante el arranque directo del bombo cargado con 60kg, el tiempo de duración durante el arranque fue de cuatro segundos.

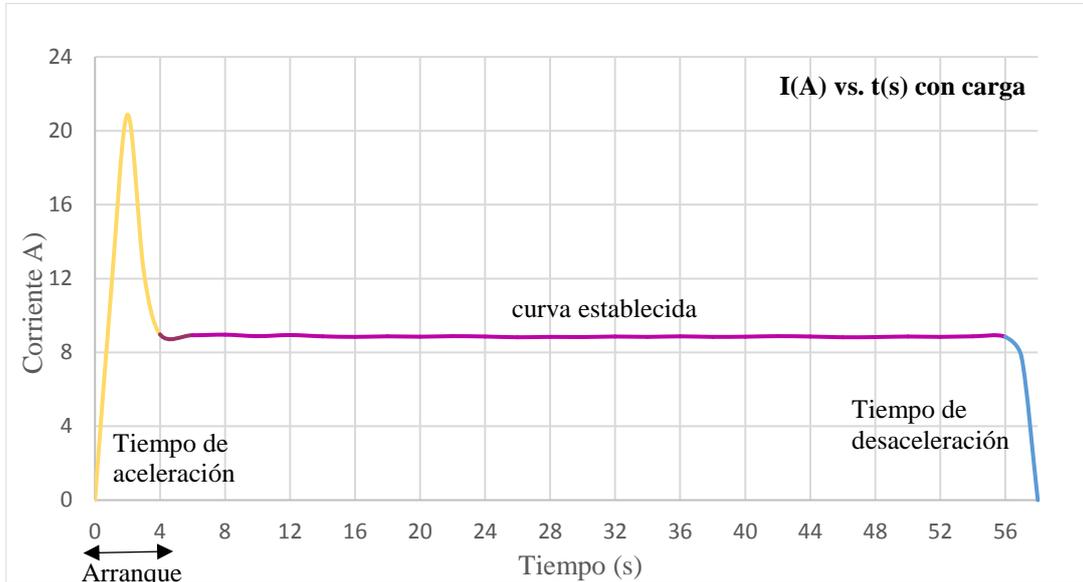


Figura 3-3 Curva corriente vs tiempo en el arranque directo con carga
 Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 4-3 se muestra la curva de voltaje en función del tiempo durante el arranque directo del bombo cargado siendo el voltaje el mismo que suministra la red de 218 V.

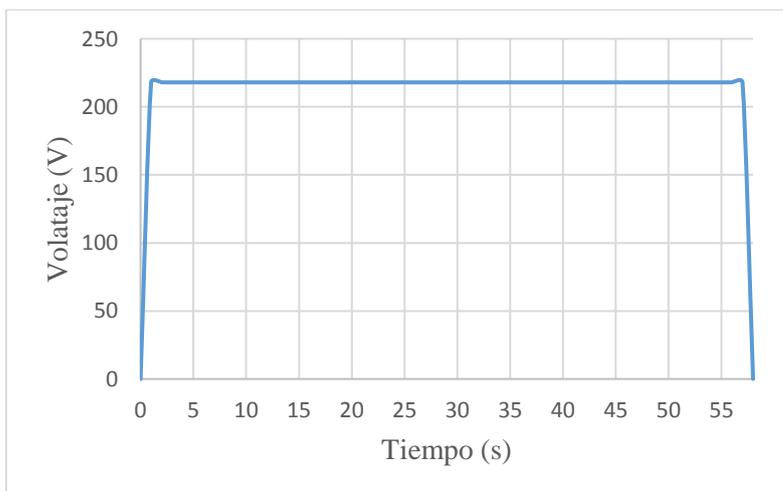


Figura 4-3 Curva voltaje vs tiempo en el arranque directo con carga
 Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

3.2 Análisis de las mediciones eléctricas del sistema actual

3.2.1 Arranque por VFD del bombo sin carga

Para el arranque con variador de frecuencia del bombo no cargado se realizaron así mismo diez mediciones de la corriente eléctrica y el voltaje de las cuales se obtuvo un promedio de cada una de ellas durante un intervalo de tiempo de 58 segundos mostrados en el anexo L. En la tabla 3-3 se muestra el tiempo, promedio de las corrientes y voltajes.

Tabla 3-3 Mediciones eléctricas arranque por VFD del bombo vacío

Tiempo (s)	Corriente (A)	Voltaje (V)
0	0	0
1	0,59	33,42
2	1,29	56,89
3	1,89	69,04
4	2,53	91,52
6	3,45	130,22
8	4,34	159,64
10	5,36	194,33
12	5,31	194,33
14	5,32	194,36
16	5,29	194,37
18	5,3	194,4
20	5,3	194,39
22	5,31	194,38
24	5,31	194,4
26	5,3	194,39
28	5,31	194,35
30	5,3	194,38
32	5,29	194,4
34	5,3	194,38
36	5,3	194,36
38	5,3	194,41
40	5,31	194,4
42	5,31	194,38
44	5,3	194,39
46	5,31	194,39
48	4,55	171,32
50	3,53	132,13
52	2,52	94,31
54	0,62	51,16
56	0	22,62
58	0	0

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 5-3 se muestra la curva obtenida de la corriente en función del tiempo durante el arranque del bombo sin carga con el variador de frecuencia; el tiempo de arranque y paro fue de 10 segundos.

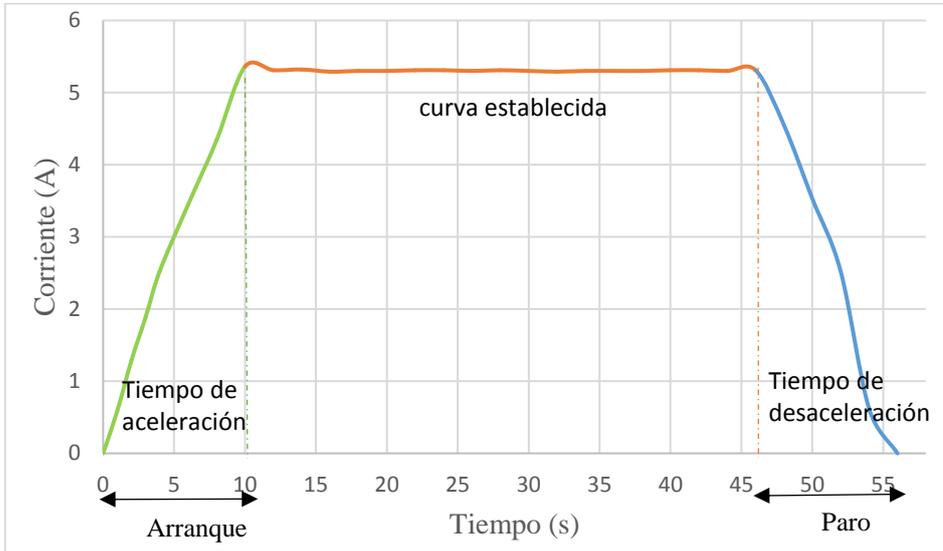


Figura 5-3 Curva corriente vs tiempo del arranque por VDF sin carga

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 6-3 se muestra la curva obtenida de voltaje en función de tiempo durante el arranque del bombo sin carga con el variador de frecuencia, se evidenció que el voltaje era proporcional a la corriente.

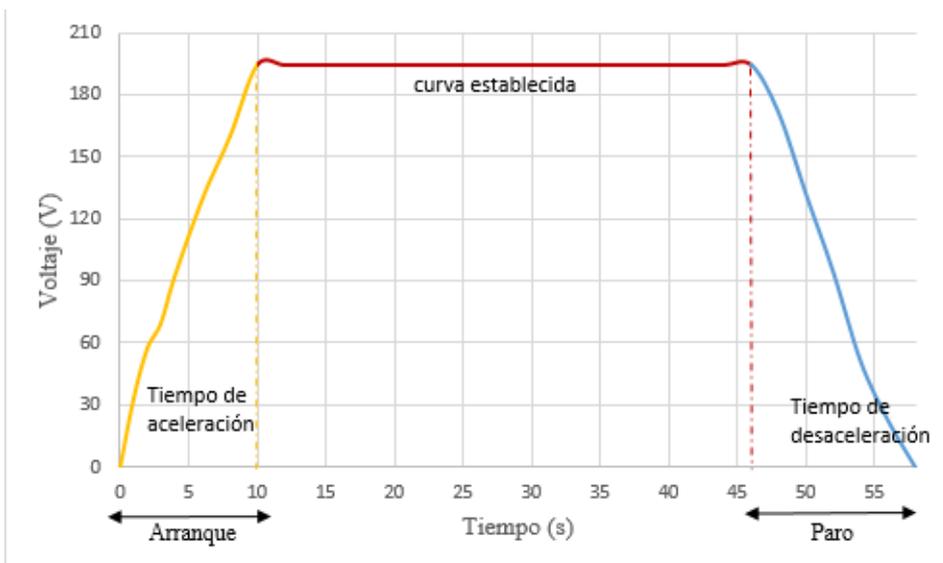


Figura 6-3 Curva voltaje vs tiempo del arranque por VDF sin carga

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

3.2.2 Arranque por VFD del bombo con carga de 60kg

De la misma manera que en los apartados anteriores, se realizaron diez mediciones de corriente y voltaje durante un intervalo de tiempo de 58 segundos mostrados en el anexo L; en la tabla 4-3 se muestra tiempo, promedio de corrientes y voltajes.

Tabla 4-3 Mediciones eléctricas arranque VFD del bombo con carga de 60kg

Tiempo (s)	Corriente (A)	Voltaje (V)
0	0	0
1	0,77	50,03
2	1,3	58,87
3	1,86	67,78
5	2,82	87,68
7	3,83	124,38
9	4,96	171,52
11	5,54	194,44
13	5,58	194,45
15	5,54	194,46
17	5,56	194,47
19	5,58	194,44
21	5,56	194,55
23	5,59	194,52
25	5,56	194,49
27	5,55	194,5
29	5,57	194,47
31	5,56	194,52
33	5,56	194,49
35	5,58	194,48
37	5,55	194,47
39	5,53	194,45
41	5,57	194,48
43	5,56	194,46
45	5,54	194,49
47	5,54	194,47
49	4,51	159,86
51	3,42	114,94
53	2,03	71,03
54	0,64	34,92
56	0	7,98
58	0	0

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 7-3 se indica la curva obtenida de la corriente en función del tiempo durante el arranque por variador de frecuencia del bombo cargado, el tiempo de duración de arranque fue de 10 segundos pasado este tiempo la corriente se estableció.

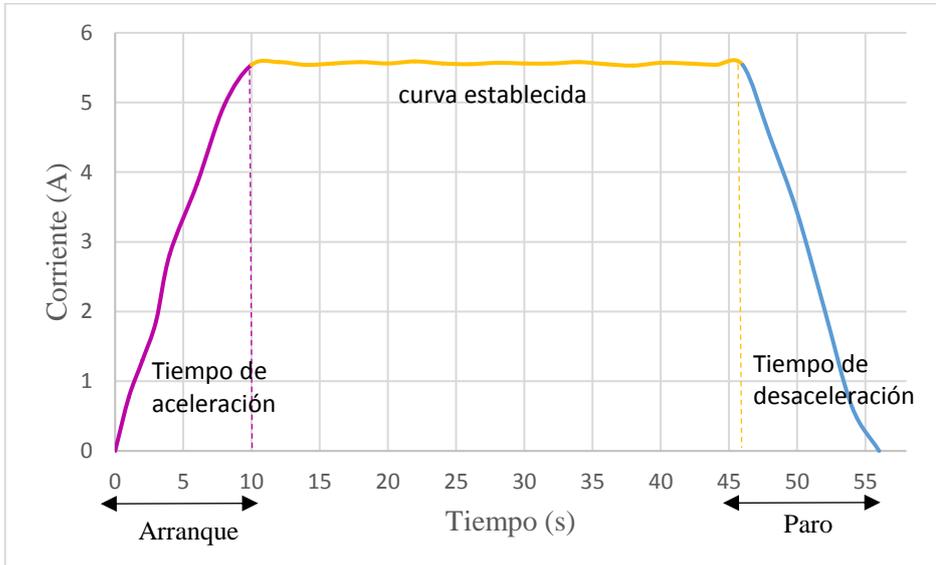


Figura 7-3 Curva corriente vs tiempo del arranque por VDF con carga
 Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En la figura 8-3 se indica la curva obtenida de voltaje en función del tiempo durante el arranque con variador de frecuencia del bombo cargado, de la misma manera que en el arranque del bombo sin carga el voltaje era proporcional a la corriente.

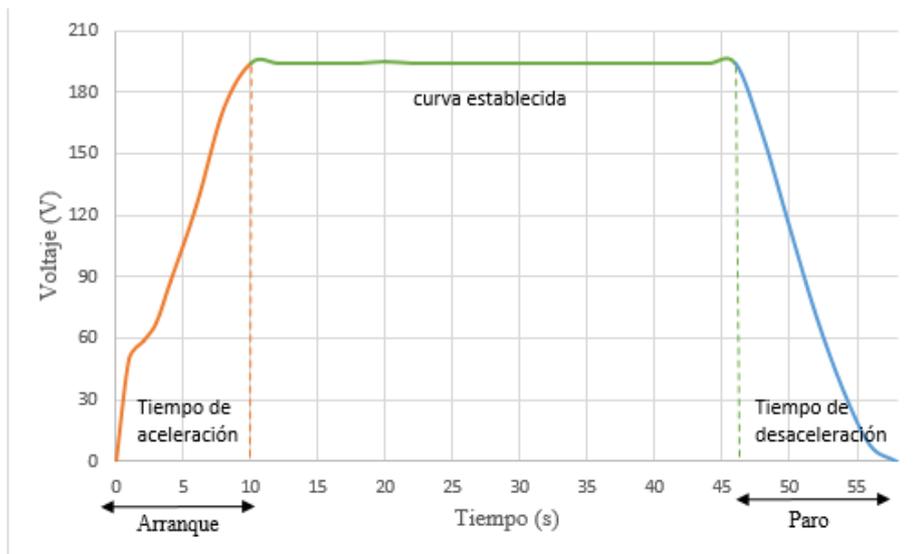


Figura 8-3 Curva voltaje vs tiempo del arranque por VDF con carga
 Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

3.3 Cálculo de la eficiencia del motor

3.3.1 Arranque directo

Asumiendo un factor de potencia de 0,85 según recomendación de profesionales con experiencia de campo en el área eléctrica y la potencia nominal del motor de 2HP=1,492kW. Se calculó la eficiencia del motor:

$$P = \frac{2 * V * I * f_p * \eta_{N_{aprox}}}{1000}$$

Donde:

P = Potencia nominal del motor

V = Voltaje de fase

I = Corriente nominal del motor

f_p = Factor de potencia

$\eta_{N_{aprox}}$ = Rendimiento nominal estimado

$$1,492 = \frac{2 * 127 * 13 * 0,85 * \eta_{N_{aprox}}}{1000}$$

$$\eta_{N_{aprox}} = 0,531$$

$$P_i = \frac{2 * V * I * f_p}{1000}$$

Donde:

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

V = Voltaje de fase medido

I = Corriente promedio por mediciones tomadas

f_p = Factor de potencia

$$P_i = \frac{2 * 126 * 8,87 * 0,85}{1000}$$

$$P_i = 1,9kW$$

$$P_{RI} = \frac{HP * 0,7457}{\eta_{Naprox}}$$

Donde:

P_{RI} = Potencia absorbida por datos de placa

HP = Potencia de la placa del motor

η_N = Eficiencia o rendimiento nominal estimado

$$P_{RI} = \frac{2 * 0,7457}{0,531}$$

$$P_{RI} = 2,81 kW$$

$$\%CARGA = \frac{P_i}{P_{RI}} * 100$$

Donde:

$\%CARGA$ = Porcentaje de carga

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

P_{RI} = Potencia absorbida por datos de placa

$$\%CARGA = \frac{1,9}{2,8} * 100$$

$$\%CARGA = 67,86\%$$

$$\eta = \frac{HP * 0,7457 * CARGA}{P_i}$$

Donde:

η = Eficiencia en porcentaje %

HP = Potencia de la placa del motor

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

$CARGA$ = Porcentaje de carga del motor

$$\eta = \frac{2 * 0,7457 * 0,679}{1,9}$$

$$\eta = 0,5329 = 53,29\%$$

Se obtuvo una eficiencia estimada del motor de 53,29% durante el arranque directo.

3.3.2 Arranque por VFD

Debido a que la salida del variador de frecuencia es trifásica para calcular la eficiencia se aplicó la fórmula de potencia trifásica.

$$P_i = \frac{V * I * fp * \sqrt{3}}{1000}$$

Donde:

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

V = Voltaje línea- línea medido

I = Corriente promedio por mediciones tomadas

fp = Factor de potencia en el dato de placa

$$P_i = \frac{194,4 * 5,56 * 0,76 * \sqrt{3}}{1000}$$

$$P_i = 1,423 \text{ kW}$$

$$P_{RI} = \frac{HP * 0,7457}{\eta_N}$$

Donde:

P_{RI} = Potencia absorbida por datos de placa

HP = Potencia de la placa del motor

η_N = Eficiencia o rendimiento nominal estimado

$$P_{RI} = \frac{3 * 0,7457}{0,8}$$

$$P_{RI} = 2,796 \text{ kW}$$

$$\%CARGA = \frac{P_i}{P_{RI}} * 100$$

Donde:

$\%CARGA$ = Porcentaje de carga

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

P_{RI} = Potencia absorbida por datos de placa

$$\%CARGA = \frac{1,423}{2,796} * 100$$

$$\%CARGA = 50,89\%$$

$$\eta = \frac{HP * 0,7457 * CARGA}{P_i}$$

Donde:

η = Eficiencia en porcentaje %

HP = Potencia de la placa del motor

P_i = Potencia absorbida por mediciones tomadas

$CARGA$ = Porcentaje de carga del motor

$$\eta = \frac{3 * 0,7457 * 0,5089}{1,423}$$

$$\eta = 0,8 = 80\%$$

Se obtuvo una eficiencia estimada del motor del 80% durante el arranque con variador de frecuencia.

3.4 Cálculo de consumo de energía del sistema anterior y el actual

Para conocer el máximo consumo de energía del motor se realizó el análisis de las curvas de carga obtenidas en el arranque directo y arranque por variador de frecuencia sabiendo que el bombo siempre funciona con carga.

3.4.1 Sistema anterior

De acuerdo a la tabla 2-3 y la curva de carga de la corriente en función del tiempo de la figura 3-3 se obtuvo la corriente promedio de 8,87A; se determinó la potencia absorbida por el motor durante el arranque directo, siendo:

$$P_{abs1} = 2 * V_f * I * \cos \varphi$$

Donde:

P_{abs1} = Potencia absorbida por el motor antiguo en el sistema anterior

V_f = Voltaje de fase

I = Corriente promedio del sistema anterior

$\cos \varphi$ = Factor de potencia

$$P_{abs1} = 2 * 127 V * 8,87A * 0,85$$

$$P_{abs1} = 1915,03W = 1,92 kW$$

Conocido que cada proceso tiene una duración de nueve horas realizados diariamente y en la semana se realizaban aproximadamente cinco procesos, se calculó el consumo de energía del motor.

$$\text{Energía consumida diaria} = 1,92\text{kW} * 9\text{h}$$

$$\text{Energía consumida diaria} = 17,28 \text{ kWh /día}$$

$$\text{Energía consumida mensual} = 1,92\text{kW} * 180\text{h}$$

$$\text{Energía consumida mensual} = 345,6 \text{ kWh /mes}$$

$$\text{Energía consumida anual} = 1,92\text{kW} * 2160\text{h}$$

$$\text{Energía consumida anual} = 4147,2 \text{ kWh /año}$$

El máximo consumo de energía anual del motor en el sistema anterior fue de 4147,2 kWh aproximadamente.

3.4.2 *Sistema actual*

Para el cálculo del consumo de energía se obtuvo la potencia absorbida por el motor y las horas de uso para lo cual se utilizó la corriente promedio de acuerdo a la tabla 4-3 y a la curva de carga de la corriente en función del tiempo de la figura 7-3 obteniéndose 5,56A de corriente promedio.

$$P_{abs2} = \sqrt{3} * V_L * I * \cos \varphi$$

Donde:

P_{abs2} = Potencia absorbida por el motor en el sistema actual

V_L = Voltaje de línea

I = Corriente promedio del sistema actual

$\cos \varphi$ = Factor de potencia

$$P_{abs2} = \sqrt{3} * 220 \text{ V} * 5,56 \text{ A} * 0,76$$

$$P_{abs2} = 1,610,17 W = 1,61kW$$

De la misma manera que en el apartado anterior la duración de cada proceso fue el mismo, por lo tanto se calculó el consumo de energía del motor en el sistema actual.

$$\text{Energía consumida diaria} = 1,61kW * 9h$$

$$\text{Energía consumida diaria} = 14,49 \text{ kWh / día}$$

$$\text{Energía consumida mensual} = 1,61kW * 180h$$

$$\text{Energía consumida mensual} = 289,8 \text{ kWh / mes}$$

$$\text{Energía consumida anual} = 1,61kW * 2160h$$

$$\text{Energía consumida anual} = 3477,6 \text{ kWh / año}$$

El consumo de energía anual con el sistema actual fue de 3477,6 kWh aproximadamente, lo que ha generado una máxima eficiencia del consumo de energía en el motor.

3.5 Análisis comparativo entre la eficiencia energética del sistema anterior y el actual

En la tabla 5-3 se representa los consumos de energía aproximados que se obtuvo en el apartado anterior. Se realizó una comparación entre el consumo de energía del sistema anterior con el actual mostrado en la figura 9-3.

Tabla 5-3 Consumos de energía del sistema anterior y actual

Consumos de energía	Anterior	Actual
Diario	17,28 kWh	14,49 kWh
Mensual	345,6 kWh	289,8 kWh
Anual	4147,2 kWh	3477,6 kWh

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

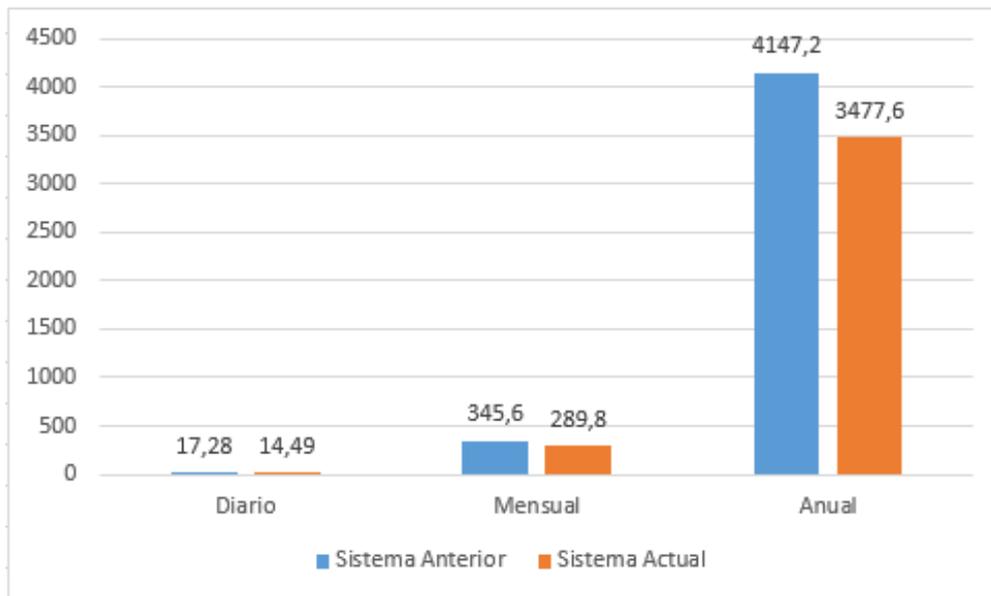


Figura 9-3 Comparación entre la eficiencia energética del sistema actual y anterior

Fuente: CARRILLO, Dayana; CUSHQUICULLMA, Andrés, 2016

En el sistema anterior se obtuvo el consumo de energía anual de 4147,2 kWh aproximadamente, mientras que en el sistema actual el consumo de energía fue de 3477,6 kWh.

$$\text{Ahorro de energía} = 4147,2 \text{ kWh} - 3477,6 \text{ kWh} = 669,6 \text{ kWh}$$

Se obtuvo un ahorro de energía aproximado de 669,6 kWh anuales. Siendo x la eficiencia energética se tiene:

$$x = \frac{669,6 * 100}{4147,2} = 16,1\%$$

De esta manera se obtuvo un ahorro de energía anual de 669,6 kWh y una eficiencia energética del 16%.

CONCLUSIONES

- Tras el mantenimiento y corrección de la parte mecánica del sistema es evidente la mejora en la transmisión de movimiento del motor, pues no existe indicio alguno de atascamiento del bombo evitando así la intervención del operador para ponerlo en funcionamiento.
- Con el sistema instalado y funcionando con un aproximado de la carga que demanda el proceso se tomaron mediciones y se determina que el motor está trabajando a un 50,89% de carga y entra en el rango aceptado de operación que corresponde a un 80% en rendimiento del motor lo cual es beneficioso tanto para el proceso como para quien este a cargo de la administración del laboratorio.
- El uso del variador de frecuencia supone una mejora en la eficiencia de energía, teniendo en cuenta que se usó un motor trifásico de 3HP, al comparar los resultados de los cálculos de consumo de energía se observa una diferencia del 16% en aumento en la eficiencia.
- El variador de frecuencia está configurado para hacer el control de arranque del motor en 10 segundos regulando la relación frecuencia-velocidad en una curva con característica parabólica, evitando que la corriente de arranque sobrepase la nominal cuidando así la vida útil del motor.
- La HMI desarrollada ofrece recetas de la etapa de acabado en húmedo y la posibilidad de programar y monitorear su propio tiempo de ejecución en caso de que el proceso lo requiera, cubriendo así las necesidades de la etapa.

RECOMENDACIONES

- Se debe utilizar la documentación entregada al encargado del laboratorio en los cuales se encuentran datos técnicos de cada dispositivo que compone el tablero de control, planos técnicos, instalación y puesta en marcha para el mantenimiento, así como también para evitar un manejo equivocado y asegurar la vida útil de cada componente.
- La pantalla táctil es un dispositivo delicado por lo que se debe tener cuidado al momento de la manipulación, ya que es de conocimiento que durante el funcionamiento del proceso interviene agua, químicos, etc., que pueden dañarlo y causar fallas en su tarea.
- Durante el funcionamiento del bombo de acabado en húmedo no se debe abrir el tablero de control ya que al usar agua en los procesos se pueden ocasionar algún tipo de daño en los componentes del tablero, además se debe tener las respectivas medidas de seguridad antes de su operación.
- Para poder instalar el software FPWIN PRO y GTWIN PRO se debe asegurar que el equipo en el que se va a ejecutar el software tenga un sistema operativo de Windows Vista, Windows7, Windows8 o 8.1.
- Se recomienda que se lea detenidamente los manuales de usuario e instalación y puesta en marcha para que los estudiantes como el encargado del laboratorio tengan el conocimiento apropiado de cómo funciona el sistema automatizado.

BIBLIOGRAFÍA

ABB SISTEMAS INDUSTRIALES. *Guía Técnica N° 7, Dimensionado de un sistema de accionamiento* [en línea]. Barcelona-España: ABB, 2000. [Consulta: 5 octubre 2016]. pp. 1-40. Disponible en: https://library.e.abb.com/public/3c8c6aeae757c113c1256d28004110e1/Technical_Guide_No_7.pdf

ABB URUGUAY. *Nueva Norma IEC define niveles de Eficiencia en Motores de CA de baja tensión* [en línea]. [Consulta: 5 septiembre 2016]. Disponible en: [http://www02.abb.com/db/db0020/db002013.nsf/0/93ea9280dc7a1671c12576f7006ccd2/\\$file/Art%C3%ADculo+t%C3%A9cnico+-+Electromagazine+No+35.pdf](http://www02.abb.com/db/db0020/db002013.nsf/0/93ea9280dc7a1671c12576f7006ccd2/$file/Art%C3%ADculo+t%C3%A9cnico+-+Electromagazine+No+35.pdf)

BOLTON, W. *Programmable Logic Controllers*. 5ª ed. Estados Unidos de América: Elsevier Newnes, 2009. ISBN: 978-1-85617-751-1, pp. 1-20.

CAMPOS FABREGAT, Juan Carlos. *El bombo de “Cangilones” una nueva herramienta a disposición del curtidor* [en línea]. Indigo Química, S.L. [Consulta: 29 junio 2016]. pp. 2-17. Disponible en: http://indigoquimica.net/pdf/biblioteca/medio_ambiente/Bombo_de_cangilones.

CÁRATE GUTIÉRREZ, Ángel O., & VILLACÍS SALAZAR, Ángel R. *Diseño y Construcción de un módulo con variador de frecuencia para el control de velocidad de motores asíncronos Jaula de Ardilla Trifásicos para el laboratorio de Control Industrial*. (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 24-58

CHAPMAN, Stephen J. *Máquinas Eléctricas*. 3ª ed. Australia: McGraw Hill, 2000. ISBN 958-4100-56-4. pp. 1-775.

DE ALMEIDA, Aníbal. *Normas de Motores Eléctrico*. Universidad de Coímbra [en línea]. [Consulta: 25 agosto 2016]. Disponible en: <http://www.energia.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/12/c-Normas-de-motores-ele%CC%81ctricos.pdf>

DE LA QUINTANA, Alfredo. *¿Cómo incrementar la eficiencia de los motores de inducción?* [en línea]. Electroindustria, mayo 2009. [Consulta: 10 septiembre 2016]. Disponible en: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1169&tip=7&xit=como-incrementar-la-eficiencia-de-los-motores-de-induccion>

EATON INDUSTRIES. *Arranque y control de motores trifásicos asíncronos* [en línea]. España, 2011. [Consulta: 11 julio 2016]. Disponible en: www.eaton.com

ECUADOR. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN (INEN). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2498. *Eficiencia energética en motores eléctricos estacionarios. Requisitos.* Quito-Ecuador: INEN, 2009. [Consulta: 15 julio 2016]. Disponible en: <https://law.resource.org/pub/ec/ibr/ec.nte.2498.2009.pdf>

ENRÍQUEZ HARPER, Gilberto. *El ABC de las máquinas eléctricas II. Motores de Corriente Alterna.* México: Limusa, 2004. ISBN 968-16-2667-6. pp. 1-404.

FLEITER, Tobias. *Cost effective industrial energy-efficient technologies: Options for electric motor systems and the pulp and paper industry.* Fraunhofer Institute for Systems and Innovation [en línea]. Berlín, 19 febrero 2010. [Consulta: 2 septiembre 2016]. Disponible en: http://www.isi.fraunhofer.de/isi-wAssets/docs/e/de/publikationen/cost-effective-industrial-ee-technologies_ft.pdf

GUARDIOLA DE CABO, Luis Antonio. *Análisis de la norma IEC 60034-2-1. Aplicación en la determinación de las pérdidas y el rendimiento de motores de inducción trifásicos* [en línea]. [Consulta: 16 agosto 2016]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/5455/resumen.pdf?sequence=1>

HARO SOLÍS, Salomón Vinicio. *Implementación de un sistema que controle la velocidad de un fulón en la fábrica Curtidos Solís para cumplir con los rangos de velocidad requeridos en las diferentes etapas del curtido de pieles* [en línea] (Tesis pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Ambato-Ecuador. 2010. pp. 20-21. [Consulta: 27 julio 2016]. Disponible en:

<http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/1753/1/Tesis%20I.%20M.%2042%20-%20Haro%20Sol%20C3%ADs%20Salom%20C3%B3n%20Inicio.pdf>

MOTOR CHALLENGE. *Determining Electric Motor Load and Efficiency, Program of the U.S. Department of Energy* [en línea]. [Consulta: 14 octubre 2016]. pp. 1-16.
Disponibile en: <http://infohouse.p2ric.org/ref/40/39569.pdf>

PANASONIC. *Manual de referencia Terminal GTWIN.* Japón, 2014. pp. 1-302.

PANASONIC. *Guía de Operación Terminal GTWIN Ver.3.* Japón, 2015. pp. 1-72.

PANASONIC. *Autómatas Programables FPOR Manual de usuario.* Japón, 2015. pp. 1-266.

PESÁNTEZ ERAZO, Adriana Alexandra. *Diseño y Construcción de un módulo de laboratorio con variador de frecuencia para el control de un sistema de bombeo y determinación del ahorro energético.* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica. Escuela de Ingeniería de Mantenimiento. Riobamba-Ecuador: 2012, pp. 15-23

PINCOLINI, Eduardo. *Recomendaciones para el Ahorro de Energía en Motores Eléctricos* [en línea]. [Consulta: 18 agosto 2016]. Disponible en:
<http://cietconsultora.com.ar/pdf/Ahorro%20de%20energia%20en%20Motores%20Electricos.pdf>

QUISPE OQUEÑA, Enrique C. *Una Visión integral para el uso racional de la energía en la aplicación de motores eléctricos de inducción* [en línea]. 2003. [Consulta: 6 agosto 2016]. Disponible en:
<http://ingenieria.uao.edu.co/hombreymaquina/revistas/20-21%202003-2/Una%20vision%20integral.%20E%20Quispe.pdf>

QUISPE, Enrique C., & MANTILLA PEÑALBA Luis F. “Revista Energía y Computación”. *Motores Eléctricos de Alta Eficiencia* [en línea]. 2004, (Colombia) 12(1), pp. 2-11. [Consulta: 16 julio 2016]. Disponible en:
<https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/1936/Motores%20el%C3%A9ctricos.pdf?sequence=1>

REYNDERS, Deon; MACKAY, Steve; WRIGHT, Edwin. *Industrial Data Communications*. The Netherlands: Elsevier, 2005. ISBN 0-7506-6395-2. pp. 1-428.

RODRÍGUEZ POZUETA, Miguel Ángel. *Máquinas Asíncronas*. Universidad de Cantabria, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Energética [en línea]. España. 2008. [Consulta: 19 junio 2016]. Disponible en: <http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/asincronas%20caminos.pdf>

ROLDÁN VILORIA, José. *Motores Eléctricos Variación de Velocidad*. 2ª ed. Madrid-España: Paraninfo, 2002. ISBN: 84-283-1991-X, pp. 155-174.

SALDAÑA VALENCIA, Armando, & MUÑOZ ALMAGUER, Roberto. *Conocimiento técnico de materiales y sus requisitos* [en línea]. [Consulta: 12 julio 2016]. Disponible en: <http://web.ciatec.mx/varios/asotelo/archivos/MATERIALES%20PARA%20CORTE%20Y%20FORRO%20CEINNOVA%202011.pdf>

SEVILLEJA ACEITUNO, Diego. *Eficiencia Energética en el sector Industrial* [en línea]. (Proyecto fin de carrera). Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Eléctrica. Madrid-España. 2011. pp. 5-9. [Consulta: 5 septiembre 2016]. Disponible en: http://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/13678/PFC_Diego_Sevilleja.pdf;jsessionid=5E5F7EAF6210D38A4F44EE5080E4555D?sequence=1

SIEMENS. *Manual de Baja Tensión-Criterios de selección de aparatos de maniobra e indicaciones para el proyecto de instalaciones y distribución*. 2ª ed. Amberg/Erlangen-Alemania: Publicis MCD Verlag, 2000. ISBN 3-89578-119-3, pp. 1-795.

SIEMENS. *Lista de Parámetros SINAMICS G110 120W - 3Kw*. Edición 11. Alemania, 2005. pp. 1-102.

SIEMENS. *Manual de Instrucciones de uso SINAMICS G110 120W - 3Kw*. Edición 04. Alemania, 2005. pp. 1-86.

TENORIO VILLAMAR, Diana Carolina. *Diseño para la automatización del proceso de bombos de curtiembre para la Empresa Curtilan S.A.* [en línea]. (Tesis pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Ingeniería Electrónica e Instrumentación. Latacunga-Ecuador. 2009. pp. 3-17. [Consulta: 27 julio 2016]. Disponible en:
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/4068/1/T-ESPEL-0606.pdf>

UNIVERSIDAD DEL ATLÁNTICO & UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE OCCIDENTE. *Eficiencia energética en motores eléctricos* [en línea]. Colombia. [Consulta: 29 septiembre 2016]. Disponible en:
<http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Tecnologias/motores.pdf>

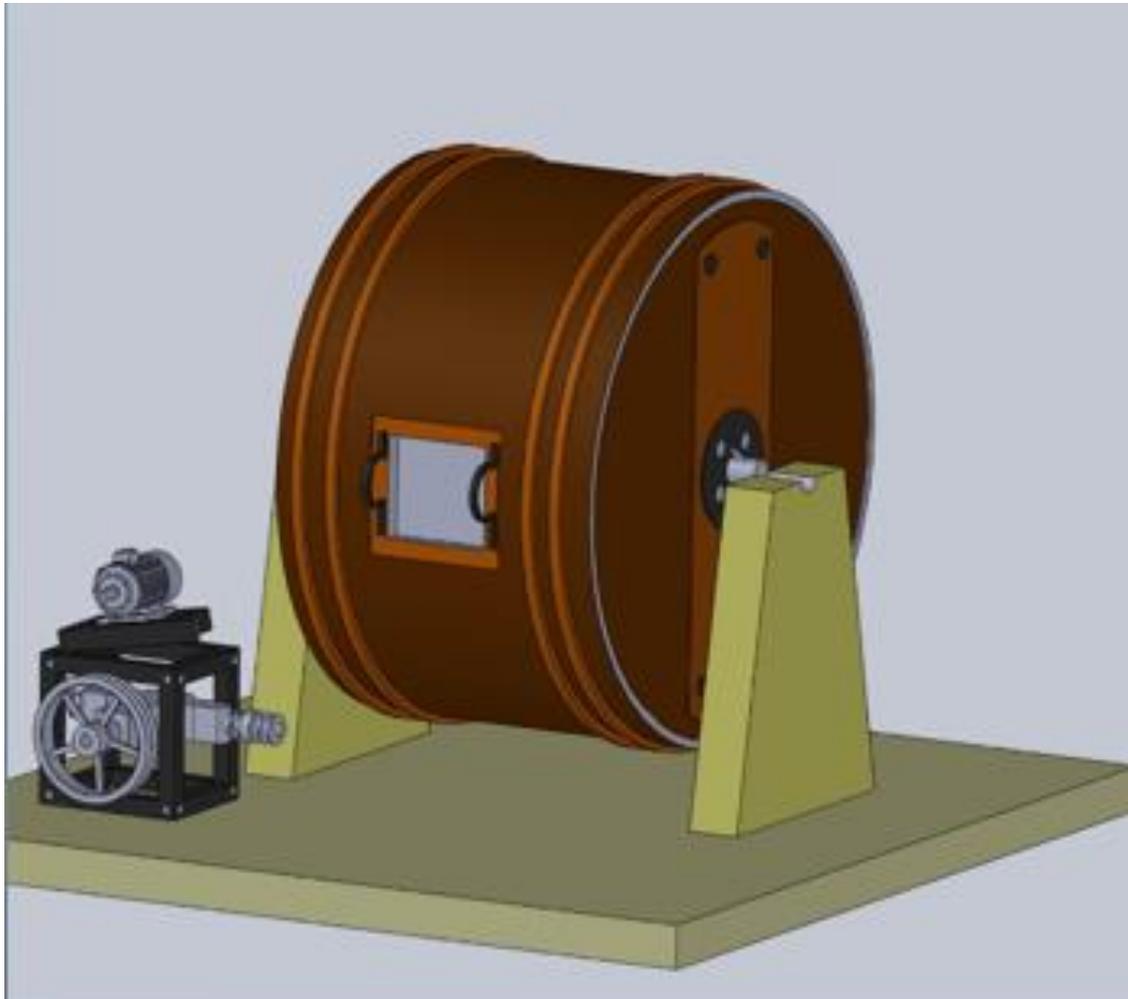
VILLALOBOS, Claudio. *Eficiencia energética en motores eléctricos* [en línea]. Electroindustria, octubre 2003. [Consulta: 20 julio 2016]. Disponible en:
<http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=137>

WEG. *Selección y aplicación de motores eléctricos* [en línea]. [Consulta: 11 agosto 2016]. Disponible en: <http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-seleccion-y-aplicacion-de-motores-electricos-articulo-tecnico-espanol.pdf>

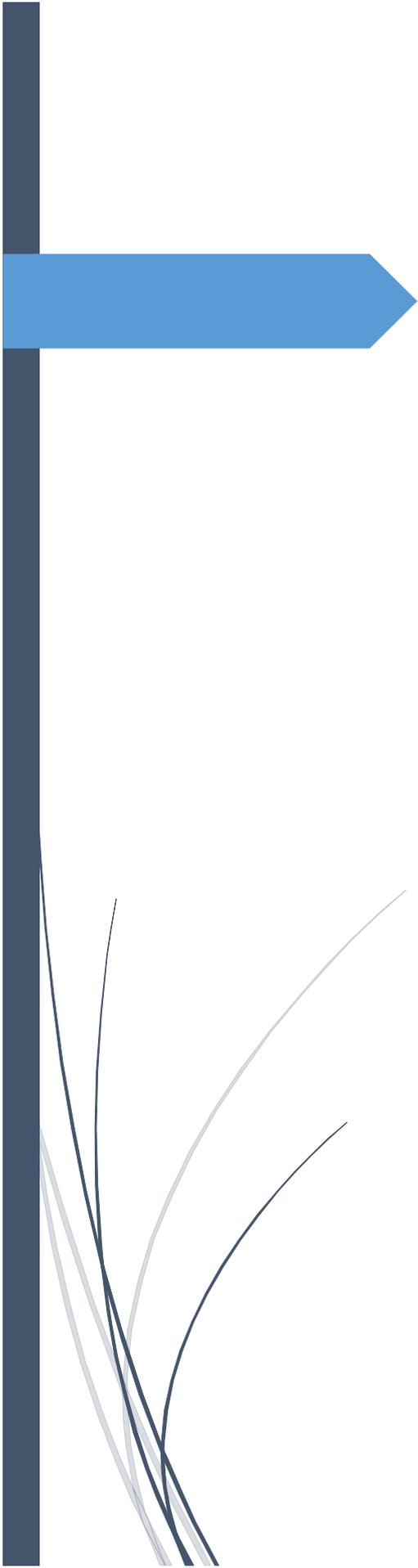
WEG. *Motores de Inducción alimentados por convertidores de frecuencia PWM* [en línea]. [Consulta: 13 agosto 2016]. Disponible en:
<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-induccion-alimentados-por-convertidores-de-frecuencia-pwm-50029372-articulo-tecnico-espanol.pdf>

ANEXOS

Anexo A: Manual de Instalación y Puesta en Marcha



MANUAL DE INSTALACIÓN Y
PUESTA EN MARCHA
BOMBO DE ACABADO EN HÚMEDO



MANUAL DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA

BOMBO DE ACABADO EN HÚMEDO

Dayana Belén Carrillo Calderón

Andrés Fabián Cushquicullma Colcha

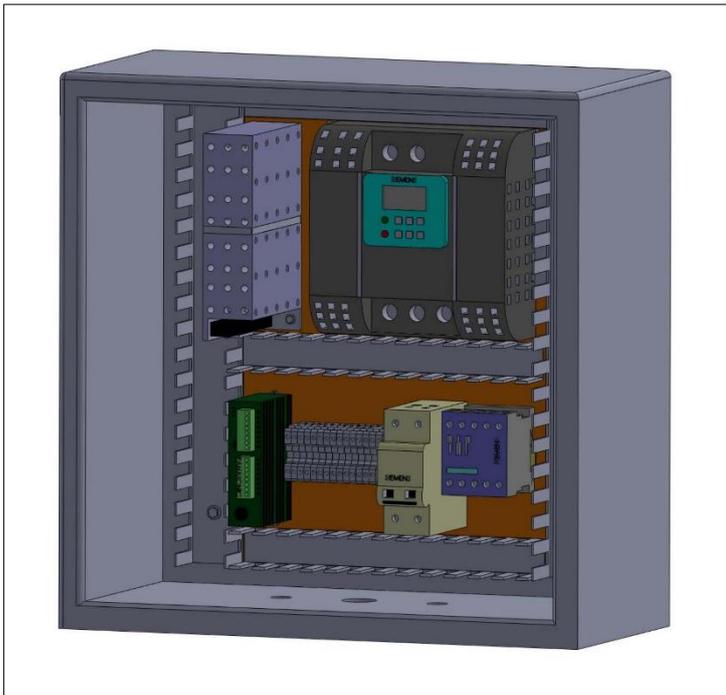
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESPECIFICACIONES GENERALES	4
2.1 PLC FFOR - C14MRS.....	4
2.2 Variador de Frecuencia Sinamics G110.....	5
2.3 Pantalla Panasonic GT02.....	6
3. PLANOS TÉCNICOS	9
3.1 Diagrama de conexión	9
3.2 Diagrama de fuerza	10
3.3 Planos de distribución de elementos en el tablero de control	11
4. INSTALACIÓN	13
4.1 Readecuación y mantenimiento de la estación de trabajo	13
4.2 Elaboración de tablero de control.....	13
4.3 Montaje de los equipos en el área de trabajo	13
5. PUESTA EN MARCHA	14

1. INTRODUCCIÓN

En el presente se describe las principales características y procedimientos para la instalación del sistema automatizado del Bombo de Acabado en Húmedo cuya función principal es la de facilitar el uso de la máquina para estudiantes de la Facultad de Ciencias Pecuarias.



El presente sistema está diseñado para controlar el arranque y paro de un motor jaula de ardilla de 3HP de potencia esta acción se realiza con un variador de velocidad marca siemens, el cual es a su vez controlado por un PLC Panasonic que tiene como función dentro del sistema activar o desactivar el variador por medio de entradas digitales.

La marcha y paro del sistema se podrá realizar de manera manual por medio de los pulsadores ubicados en la parte frontal del tablero, adicionalmente se implementó una HMI Panasonic con comunicación de propósito general por puerto RS232C para ejecutar recetas del proceso de Acabado en Húmedo y selección del tiempo de ejecución del proceso.

2. ESPECIFICACIONES GENERALES

2.1 PLC FP0R - C14MRS

El FP0R es un PLC ultra compacto con una memoria de gran capacidad y con procesamiento de alta velocidad. El controlador utiliza el juego de instrucciones F y se programa con el software Control FPWIN Pro o FPWIN GR. Control FPWIN Pro, admite la programación según el estándar IEC 61131-3.

El puerto de programación USB 2.0 Full Speed permite la comunicación en alta velocidad con los softwares de programación. Se puede descargar un programa de hasta 32k pasos en tan solo 5s.



Especificaciones Generales del PLC FPOR-C14MRS

Ítem	Especificaciones
Entradas digitales	8 puntos
Salidas digitales	6 puntos
Dirección de las entradas y salidas	X0-X7 para entradas Y0-Y5 para salidas
Tensión de operación y entrada	24VDC
Tensión de funcionamiento	20,4 VDC a 28,8 VDC
Capacidad de salida	2A
Frecuencia nominal	50/60 Hz
Apagado momentáneo	5 ms para 20,4 VDC; 10 ms para 21,6 VDC
Temperatura ambiente	0°C ~ +55°C
Humedad ambiental	10% ~ 95% de humedad relativa
Temperatura de almacenamiento	-40°C ~ +70 °C
Resistencia al ruido	1000 V(p-p) con anchos de pulsos 50ns-1us
Resistencia de aislamiento	500VDC- sobre 10MΩ en terminales de entrada, salida, tierra y potencia
Voltaje de ruptura	Superiores a 500VAC
Condición de Uso	Libre de gases corrosivos y polvos excesivos
Categoría de sobre voltaje	Categoría II
Nivel de contaminación	Grado de contaminación II
Peso	C14MRS: 105 gramos

2.2 Variador de Frecuencia Sinamics G110



Características y funciones de SINAMICS G110

Características principales	Funciones
<ul style="list-style-type: none">• Fácil de instalar• Puesta en marcha sencilla• Diseño robusto en cuanto a EMC• Puede funcionar en redes de alimentación IT (modelos sin filtro)• 1 entrada digital con separación galvánica• 3 entradas digitales sin separación galvánica• 1 entrada analógica AIN: 0 – 10 V (solo en la variante analógica) se puede utilizar como cuarta entrada digital.• Altas frecuencias de pulsación para funcionamiento silencioso del motor• La información de estado y alarmas se visualizan en el panel BOP (obtenible como opción)• BOP opcional con funcionalidad de copia de parámetros para juegos de parámetros• Interface interna RS485 (solo en la variante USS)• Kit de conexión para el enlace PC-convertidor (RS232)	<ul style="list-style-type: none">• Tiempo de respuesta a señales de mando rápido.• Limitación rápida de corriente para funcionamiento seguro sin desconexiones por fallo• Freno por inyección de corriente continua integrado• Frecuencias fijas• Función de potenciómetro motorizado• Tiempos de aceleración y deceleración ajustables con redondeo parametrizable• Característica V/f multipunto• 150% de sobrecarga en 60 segundos• Rearranque automático después de cortes de red• Rearranque al vuelo

2.3 Pantalla Panasonic GT02



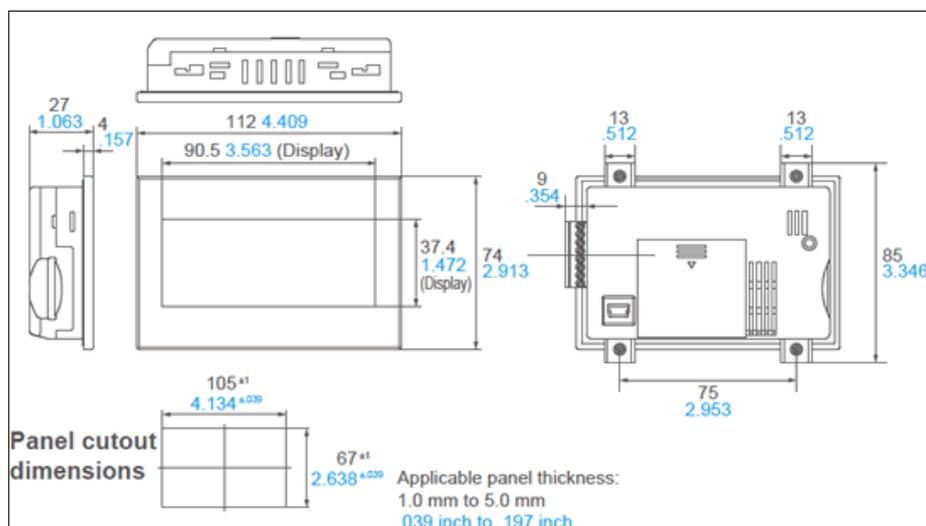
El GT02 de Panasonic ofrece una serie de funciones innovadoras además de un diseño pequeño y agradable. El display gráfico táctil de 3,8” pulgadas es iluminado con luz LED por tres colores en dos variantes: verde/naranja/rojo y blanco/rosa/rojo. Posee puerto de comunicación RS232, recetas, gráficos de tendencias, diagramas, memoria de programa de 38k y de datos de 2MB. El software de programación para la HMI GT02 corresponde al GTWIN V3.

Características Principales

- Alta funcionalidad y calidad de imagen con respecto a pantallas de tamaño similar.
- Grado de protección: IP67
- Puerto de programación mini USB-B
- Dimensiones 112x74x27 mm
- Ranura para tarjeta de memoria SD/ SDHC soporta hasta 32GB
- Se pueden conectar hasta 32 PLC's Panasonic a una sola pantalla
- Fuente de alimentación aislada para asegurar la fiabilidad del sistema
- Conexión de varios controladores a un solo GT02
- Función modo transparente y funciones de recopilación de datos

Dimensiones del HMI-GT02

Las dimensiones de la pantalla GTO2 utilizada se muestran en la figura. Unidad: mm

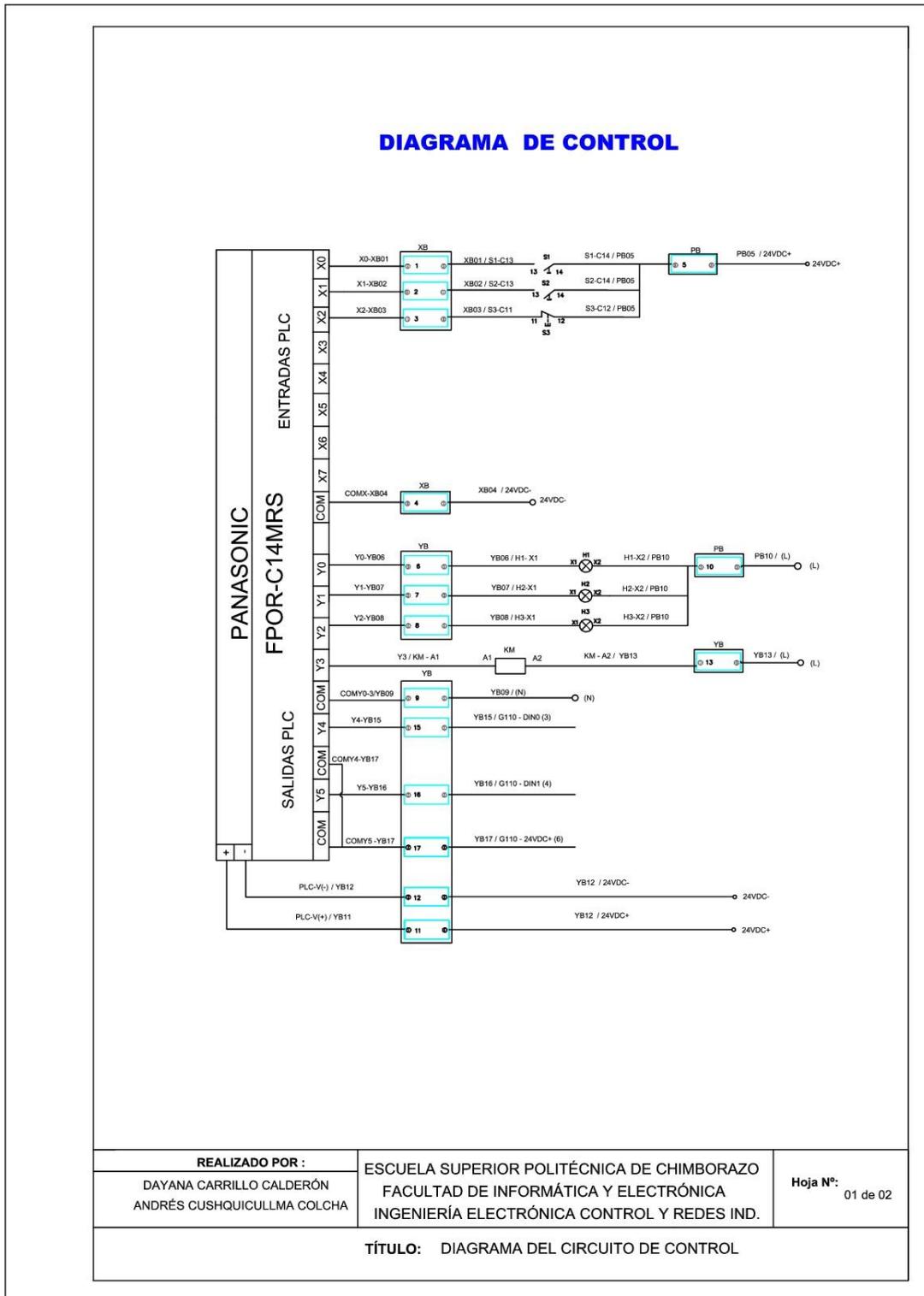


Especificaciones técnicas del modelo de pantalla GT02:

Ítem		GT02
Tensión nominal		5VDC / 24VDC
Tensión de funcionamiento		4,5-5,5 VDC / 21,6-26,4 VDC
Consumo de energía		1W máx.
Temperatura ambiente		0°C a 50°C
Humedad ambiental		20 a 85% de humedad relativa
Temperatura de almacenamiento		-20 a 60°C
Humedad de almacenamiento		10 a 85% de humedad relativa
Resistencia ambiental		IP67
Resistencia de vibración		5 a 8,4 Hz de amplitud: 3,5mm
Resistencia de golpes		147 m/s ² , 3 veces en X,Y y Z
Resistencia al ruido		1000 V(p-p) min, 50ns-1us (ancho de pulsos)
Peso		170g- 5,997oz aproximadamente
Capacidad de memoria		2Mbytes
Memoria de usuario		F-ROM
Display	Tamaño de la pantalla	3,8 pulgadas (88,5x35,4mm)
	Tipo de display	STN LDC monocromo
	Color de pantalla	2 Monocromo (blanco/negro)
	Resolución	240 x 96 pixeles
	Capacidad de memoria	2,048 Kb
	Iluminación	3-LED de color (verde, naranja, rojo)
	Contraste	No ajustable
	Número de caracteres	216 caracteres
COM- Puerto	Estándar de comunicación	Se ajusta a RS232C- RS422
	Condiciones de comunicación	Velocidad de transmisión: 9.600 / 19.200 / 38.400 / 57.600 / 115.200 bps Bits de datos: 7 u 8 bits, Paridad: Ninguna, Impar, Par, Bits de parada: 1 bit
	Protocolo	Interfaz serie de propósito general compatible PLC
	Conector	8 pines

3. PLANOS TÉCNICOS

3.1 Diagrama de conexión



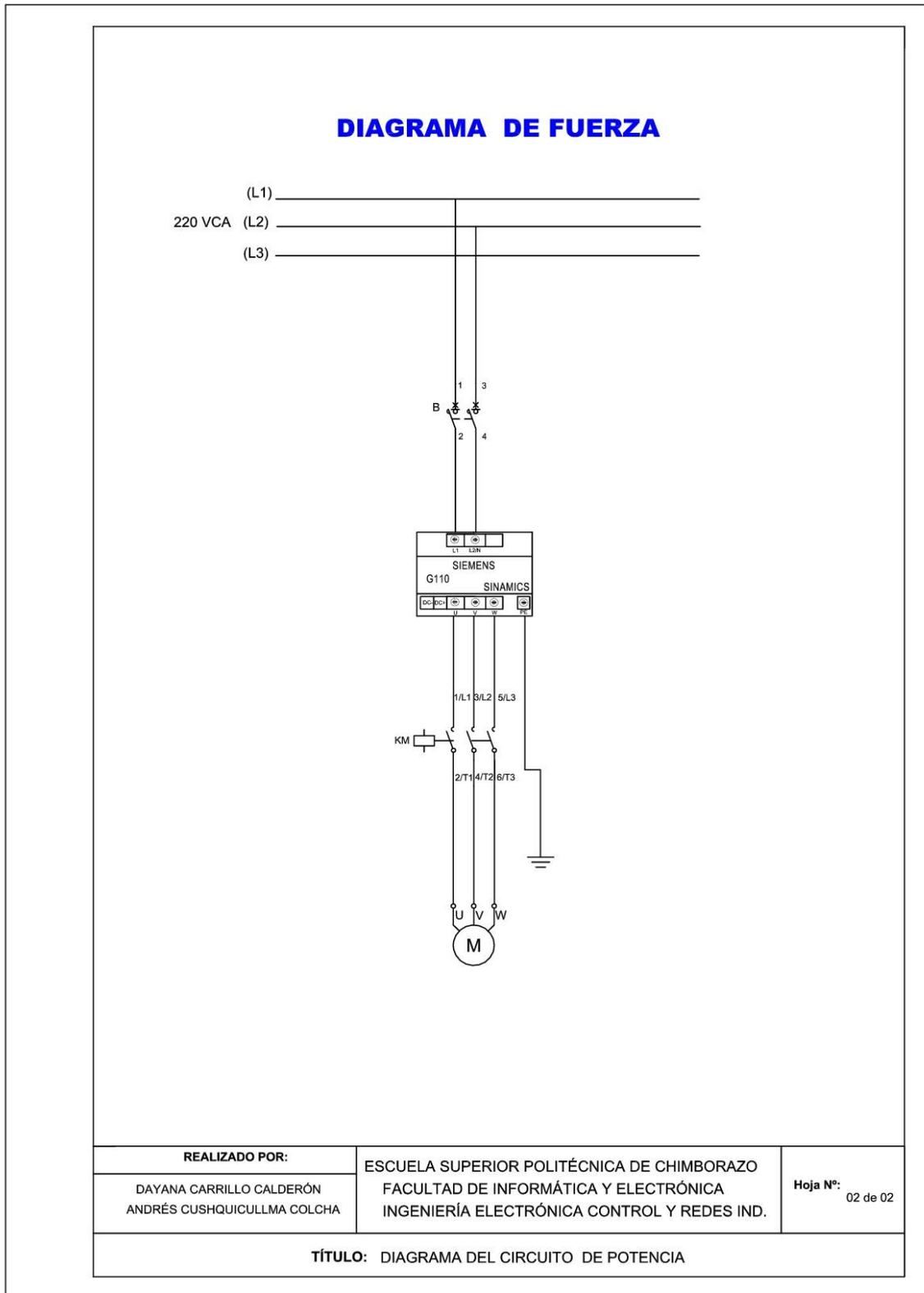
REALIZADO POR :
 DAYANA CARRILLO CALDERÓN
 ANDRÉS CUSHQUICULLMA COLCHA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
 INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES IND.

Hoja N°:
 01 de 02

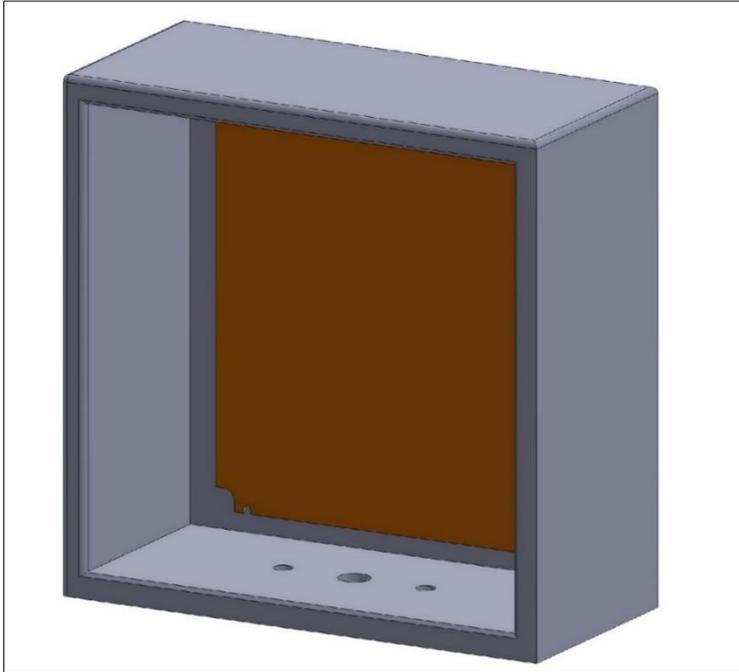
TÍTULO: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE CONTROL

3.2 Diagrama de fuerza

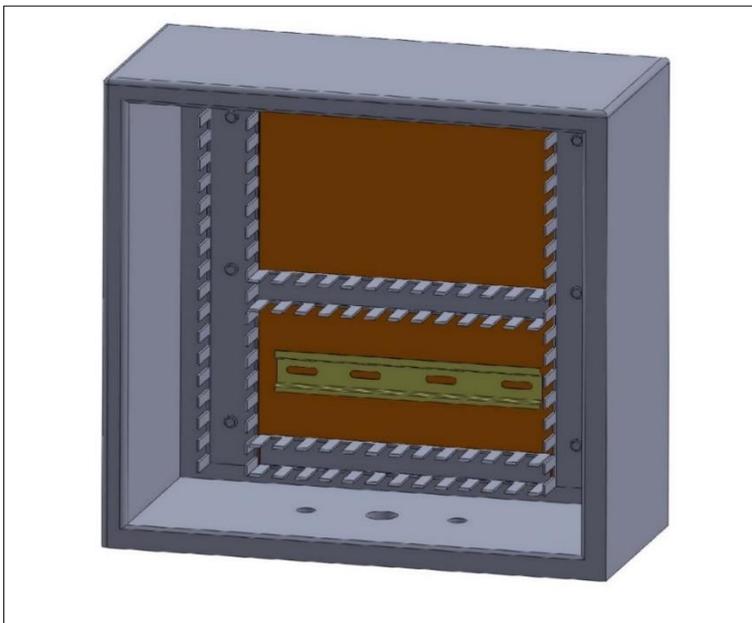


3.3 Planos de distribución de elementos en el tablero de control

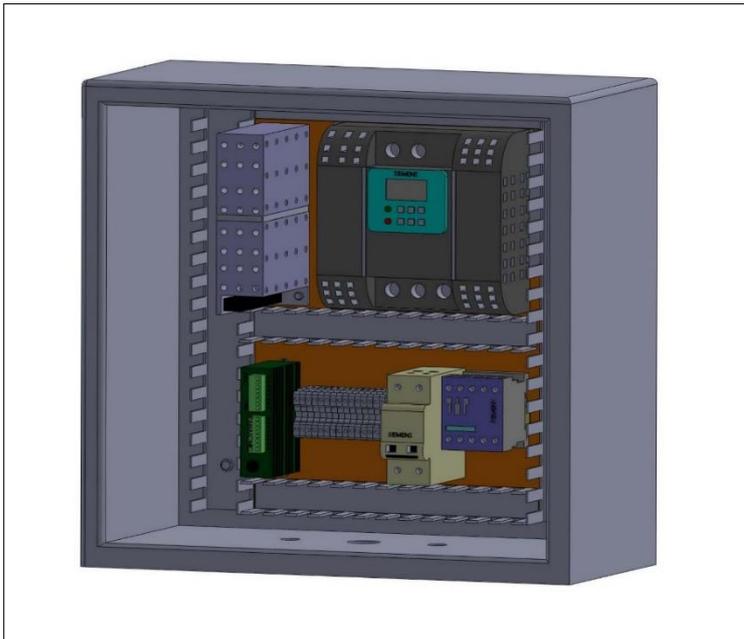
- Vista del interior del tablero



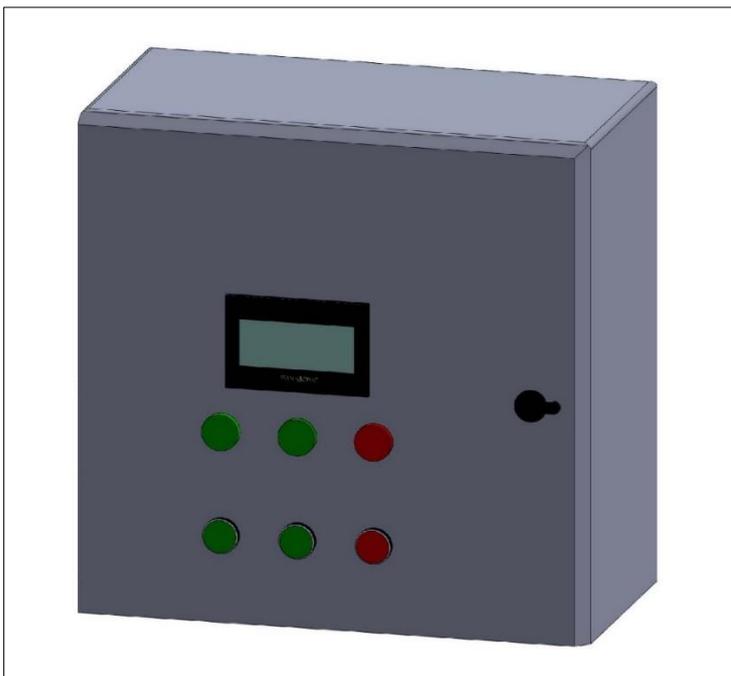
- Distribución de las canaletas y el riel DIN dentro del tablero



- Distribución de los elementos en el interior del tablero



- Vista de la parte externa del tablero de control



4. INSTALACIÓN

El tablero está instalado en la columna posterior al bombo a una altura de 1,5 metros.

La alimentación eléctrica esta llevada por un tubo Conduit y conectado al breaker.

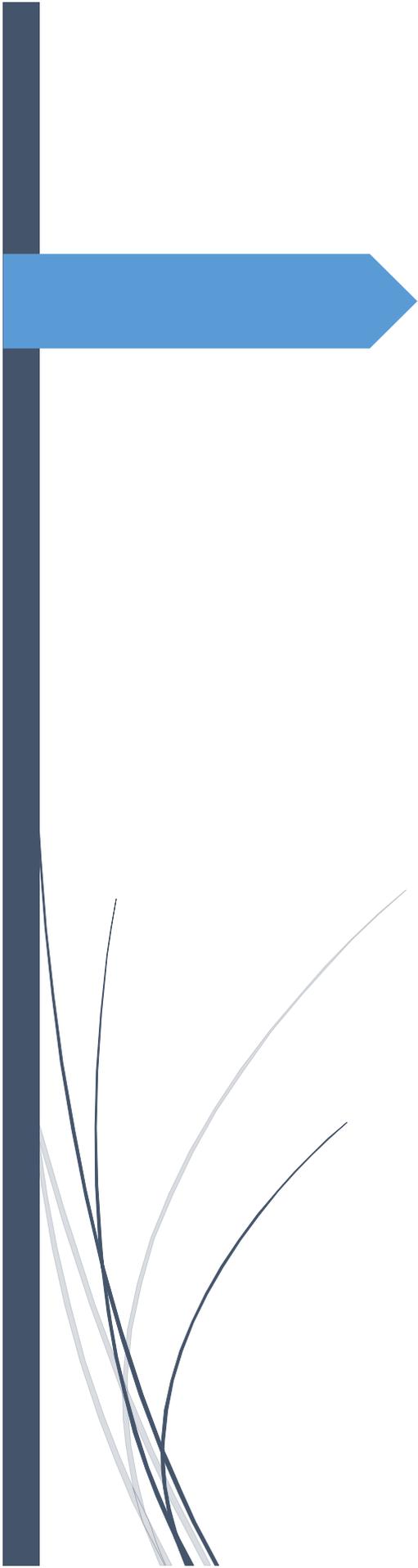
Las tres líneas de alimentación del motor salen del variador de frecuencia y son llevados por un tubo Conduit al motor.

El motor está instalado en una base metálica ajustado a la misma por cuatro tuercas, tiene acoplada en su eje una polea de dos canales, está alineado con las bandas a la polea de entrada de la caja de transmisión.

5. PUESTA EN MARCHA

- Alimentación: Se comprueba si el voltaje de alimentación es el correcto.
- Pruebas de funcionamiento: conociendo ya el objetivo de funcionamiento se inicia con pruebas de paro y marcha de la máquina, primero con las botoneras verificando que funcionan a la velocidad correcta y que sus indicadores se enciendan.
- Calibración de equipos:
 - Ajustar el motor a una base y con las bandas de distribución para evitar vibraciones.
 - Escoger la frecuencia que permita las 16 revoluciones del bombo, la cual quedo establecida en 55 Hz.

Anexo B: Manual de Usuario



MANUAL DE USUARIO

TABLERO DE CONTROL DEL BOMBO DE
ACABADO EN HÚMEDO

Dayana Belén Carrillo Calderón

Andrés Fabián Cushquicullma Colcha

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

TABLA DE CONTENIDO

1.	ACERCA DEL MANUAL	2
1.1.	Propósito.....	2
1.2.	Conocimientos necesarios.....	2
2.	VISIÓN GLOBAL	3
2.1.	Introducción.....	3
2.2.	Especificaciones.....	3
2.3.	Botonera e indicadores.....	4
2.4.	Pantalla Touch.....	4

1. ACERCA DEL MANUAL

1.1. Propósito

La finalidad del presente manual es servir como una guía básica de operación del sistema; brindando así al usuario conocimientos y herramientas necesarias para el correcto uso del tablero permitiendo su adecuado funcionamiento, además será una fuente inmediata de consulta en cualquier momento.

Debido a la variedad de procesos que se pueden llevar a cabo el sistema ofrece al usuario opciones de activación y desactivación, la primera con botones de arranque y paro, la segunda en una interfaz gráfica para digitación de tiempo y la tercera de selección de proceso dependiendo del tipo de acabado que se esté realizando.

1.2. Conocimientos necesarios

- Conocimientos básicos en el uso de pantallas táctiles.
- Conocimientos técnicos de la curtición de pieles.

2. VISIÓN GLOBAL

2.1. Introducción

El tablero fue diseñado para estudiantes de la facultad de Ciencias Pecuarias, con el objetivo de cumplir con las posibles variantes que presente las recetas de la etapa de acabado en húmedo; ofrece una interfaz gráfica amigable para el usuario, pulsador de paro, pulsadores de marcha, luces piloto indicadores del estado de la máquina.

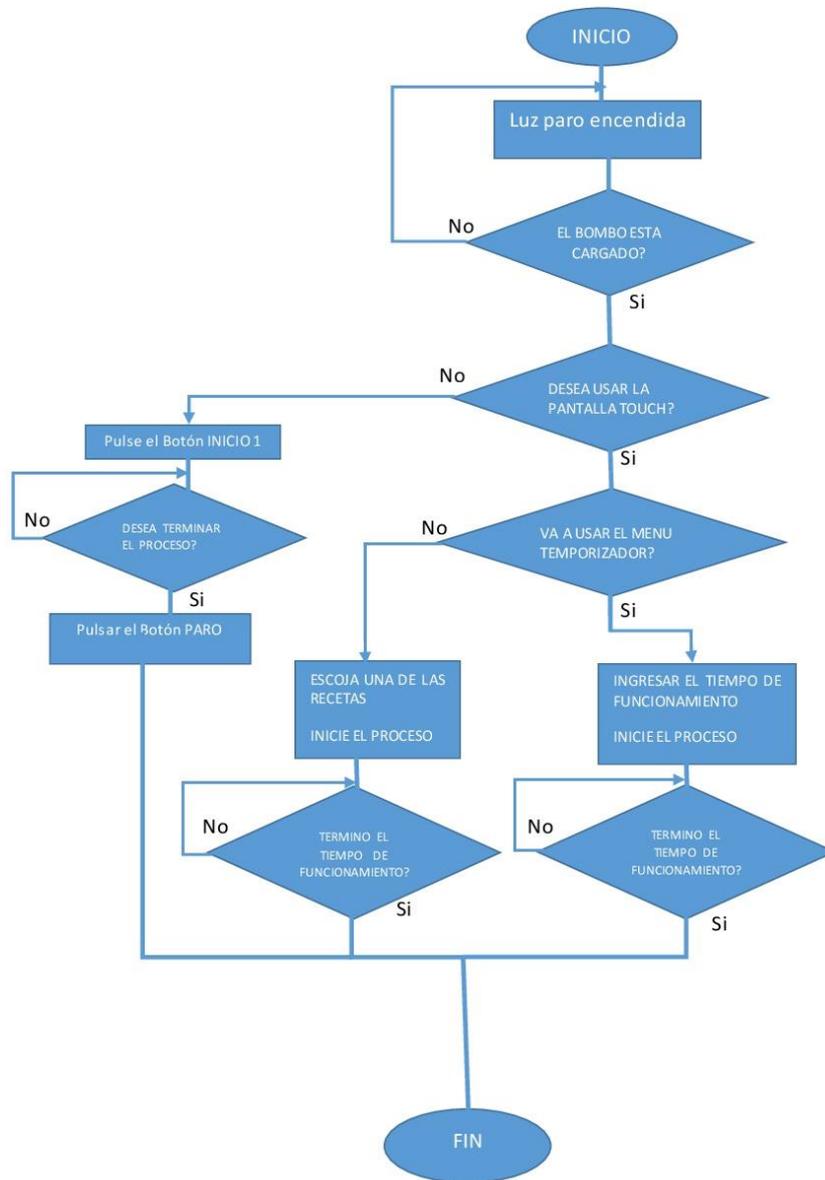
2.2. Especificaciones

- ✓ Botoneras e Indicadores:
 - INICIO1
 - INICIO2
 - PARO

- ✓ Pantalla Touch



✓ Diagrama de Funcionamiento



2.3. Botonera e indicadores

Existen tres botoneras cada una con su indicador: las dos verdes conectados a entradas digitales del variador de frecuencia, configuradas para controlar el encendido del motor a una velocidad de 55 y 15 Hz; y el botón rojo funciona para el paro del motor.

INICIO1: Proporciona al bombo la velocidad de rotación de 16 rpm requerida para cualquier proceso de acabado en húmedo.

INICIO2: Activa una velocidad de rotación menor para labores de lavado y mantenimiento del bombo.

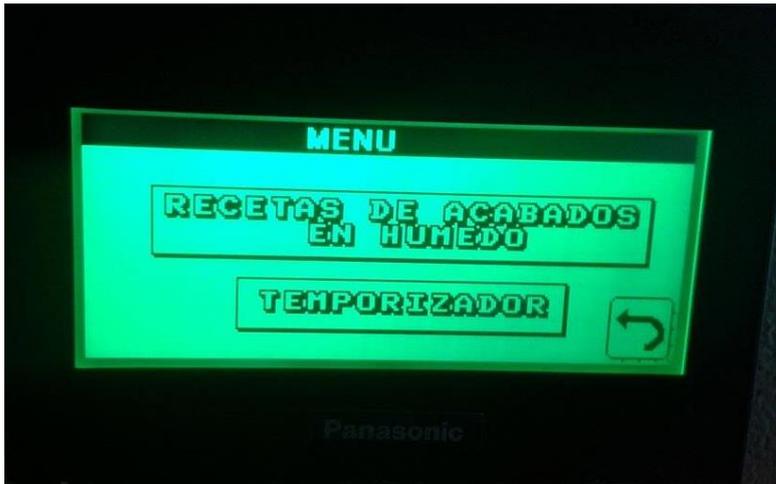
PARO: Desactiva el motor sin importar el botón de inicio que se haya usado.

2.4. Pantalla Touch

Pantalla de inicio: Es una ventana de bienvenida para el usuario, para acceder a la siguiente pantalla pulsar INGRESAR.



Menú principal: Ofrece las opciones de RECETAS DE ACABADO EN HÚMEDO y TEMPORIZADOR; para acceder solo seleccione cualquiera de ellas.



RECETAS DE ACABADO EN HÚMEDO: Podrá ver tres opciones como se muestran en la siguiente figura.



Estas recetas tienen una interfaz similar que se compone de:

SELECCIÓN: Desplaza las opciones de proceso cargadas en el programa.

INICIO: Arrancará el motor.

1) VESTIMENTA

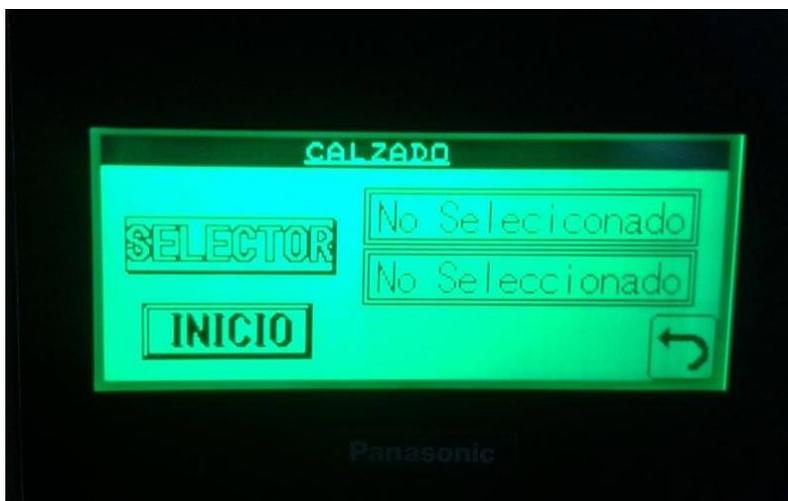
PROCESO	BAÑO	TIEMPO (min)
REHIDRATADO	BAÑO_RH1	30
RECURTIDO	BAÑO_R1	40
NEUTRALIZADO	BAÑO_N1	20
	BAÑO_N2	20
	BAÑO_N3	120
	BAÑO_N4	20

RECURTIDO	BAÑO_R2	60
TINTURADO	BAÑO_T	60
ENGRASE	BAÑO_E	130
AGUA	BAÑO_A	20



2) CALZADO

PROCESO	BAÑO	TIEMPO (min)
REHIDRATADO	BAÑO_RH1	30
RECURTIDO	BAÑO_R	40
NEUTRALIZADO	BAÑO_N1	90
	BAÑO_N2	40
TINTURADO	BAÑO_T	90
ENGRASADO	BAÑO_E	70
AGUA	BAÑO_A	20



3) CHAROL ACUOSO

PROCESO	BAÑO	TIEMPO (min)
REHIDRATADO	BAÑO_RH1	30
RECURTIDO	BAÑO_R1	40
NEUTRALIZADO	BAÑO_N1	120
	BAÑO_N2	40
TINTURADO	BAÑO_T	50
RECURTIDO	BAÑO_R2	60
ENGRASE	BAÑO_E	60
FIJAR	BAÑO_F1	20
	BAÑO_F2	20



Temporizador: Para habilitar el teclado pulsar sobre el valor de DIGITE TIEMPO, después ingrese un valor y presione el botón  de la esquina inferior derecha del teclado para arrancar el sistema.



Pantalla del temporizador con la vista del teclado.



NOTAS:

Para ir a la ventana anterior pulsar el botón .

En caso de necesitar el paro del sistema pulsar el botón rojo "PARO".

Para cualquier arranque desde la pantalla Touch el paro será automático al cumplir el tiempo establecido por el usuario.

Seguridad

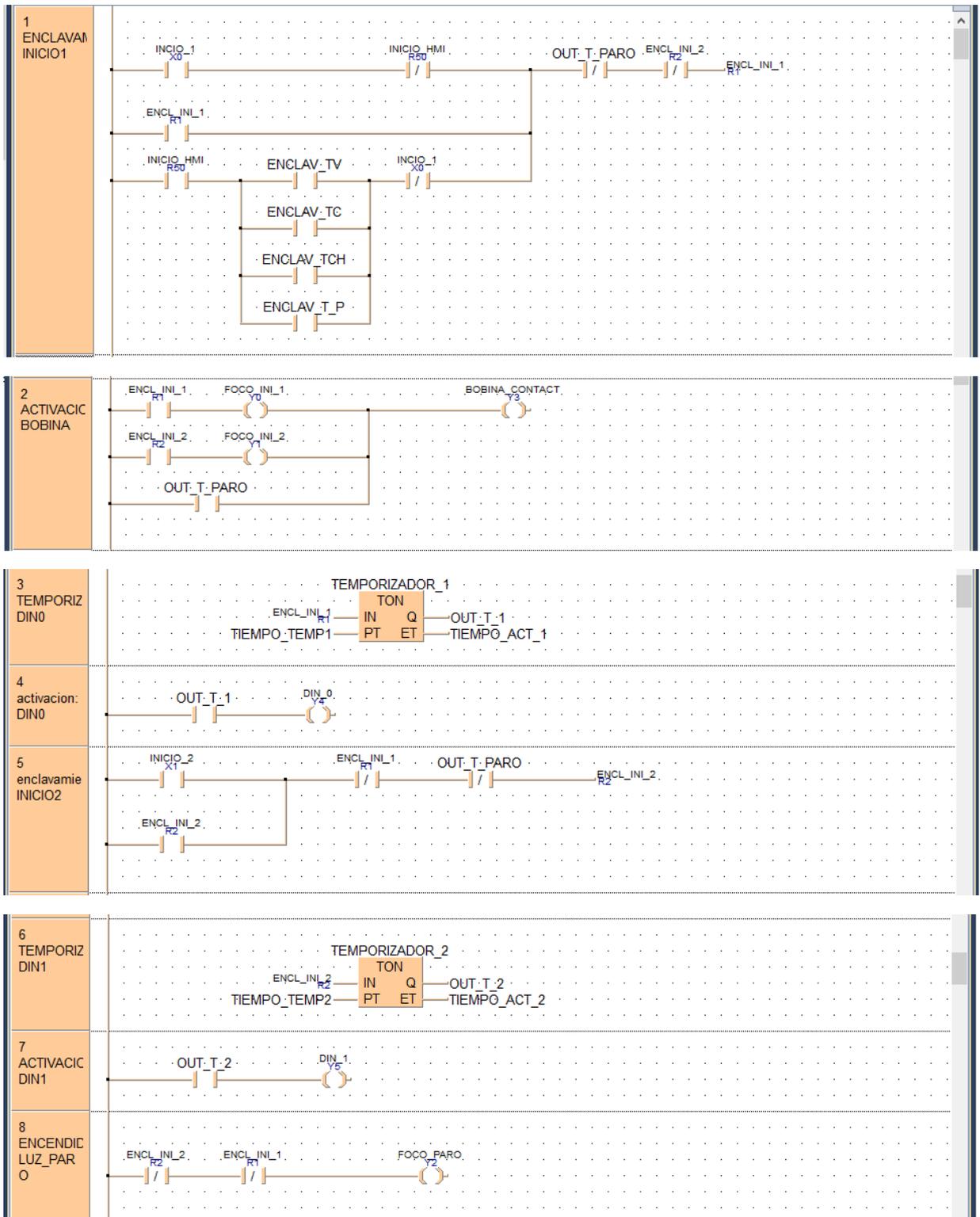
En las correas de transmisión de potencia no se debe poner las manos cerca, ni poner objetos en las poleas caso contrario puede ocasionar accidentes humanos y problemas en el funcionamiento del bombo.

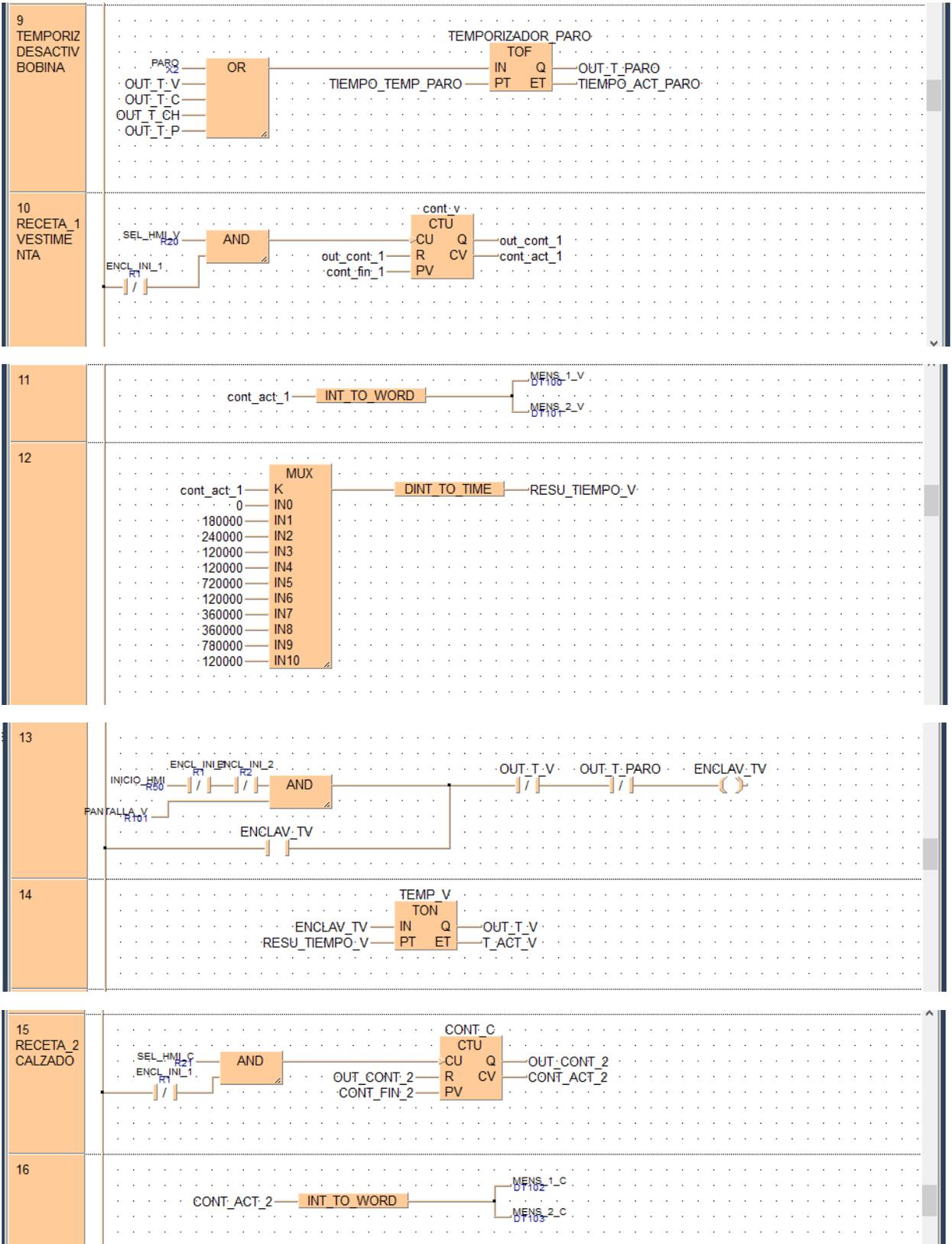
Se debe manipular con cuidado la pantalla Touch, ya que al usar agentes químicos y agua en el proceso esto puede ocasionar un daño en el componente.

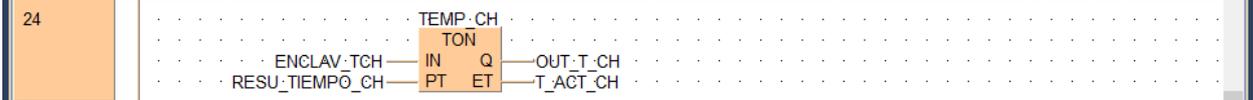
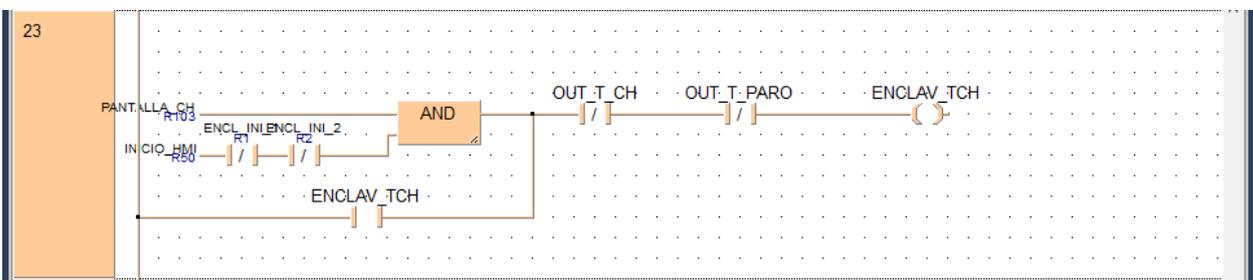
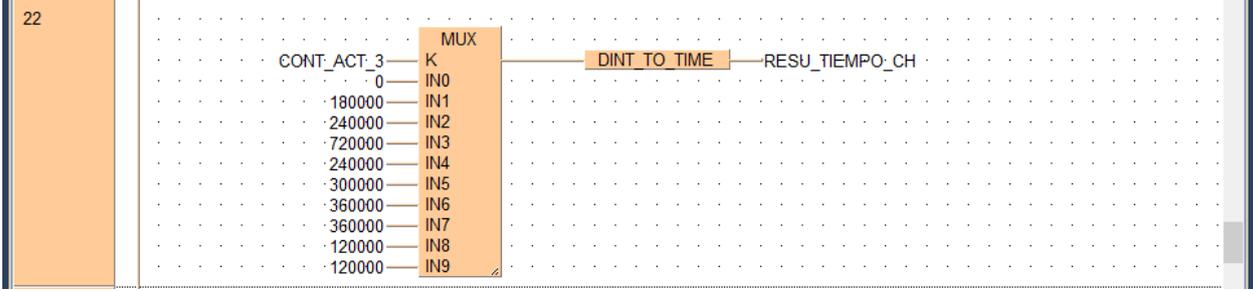
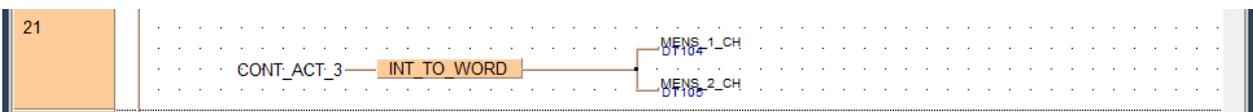
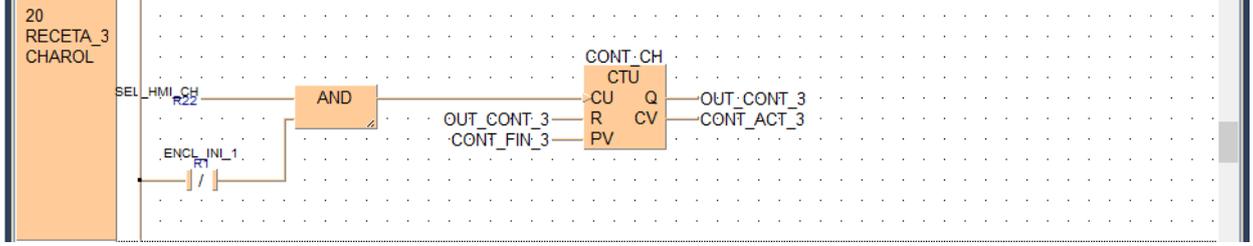
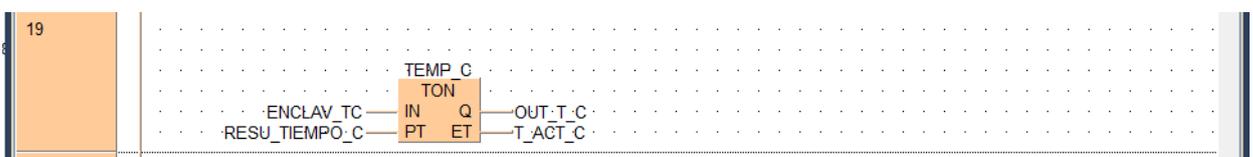
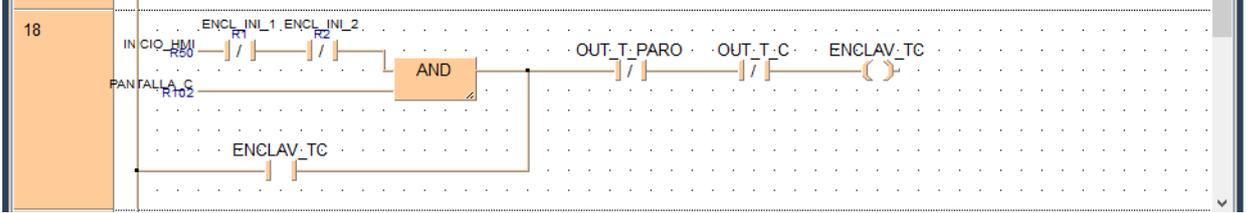
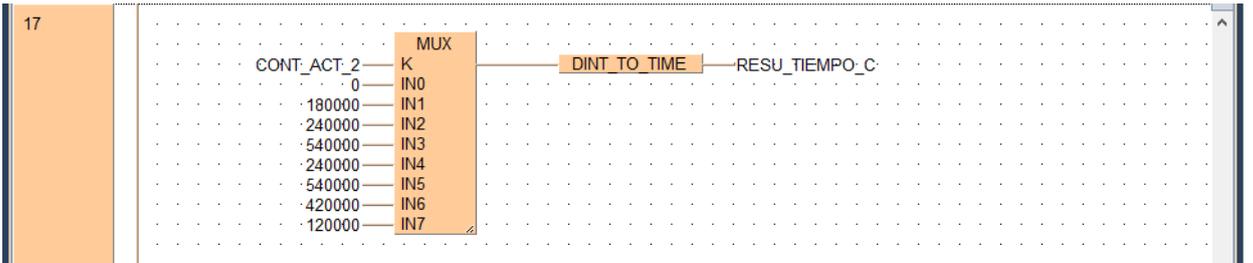
Durante el funcionamiento del bombo se debe mantener cerrado el tablero de control para evitar daños en los componentes y posibles fallos en el sistema.

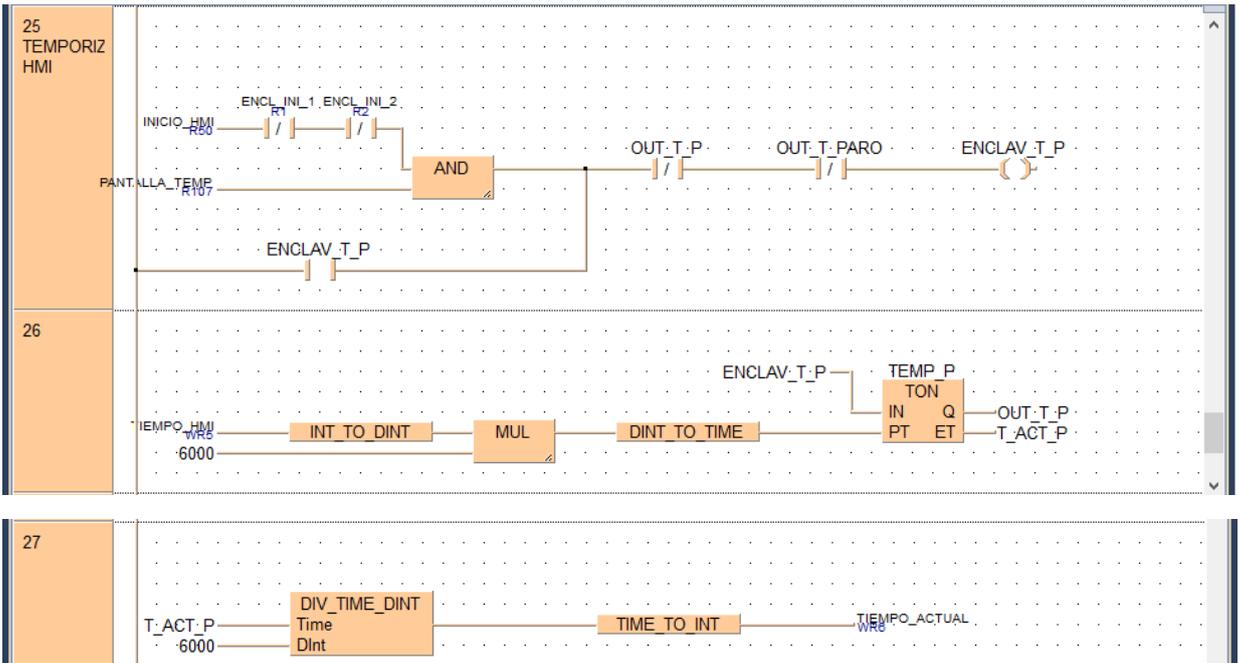
Antes del rodaje del bombo se debe asegurar correctamente la tapa para evitar desperdicios de materia prima, así como fugas de agua.

Anexo C: Programación del PLC en lenguaje Ladder









SPECIFICATIONS

Performance specifications (FPOR Control units)

Product type of FPOR control unit		C10 (Relay output type only)	C14 (Relay output type only)	C16 (Transistor output type only)	C32 (Transistor output type only)	T32 (Transistor output type only)	F32 (Transistor output type only)
Programming method / Control method		Relay symbol / Cyclic operation					
Number of I/O points	No expansion (Control unit only)	10 points [Input 5, Relay output: 4]	14 points [Input 8, Relay output: 6]	16 points [Input 8, Transistor output: 8]	32 points [Input 16, Transistor output: 16]	32 points [Input: 16, Transistor output: 16]	
	With expansion 1 * Same type of control and expansion units	Max. 58 points	Max. 62 points	Max. 112 points	Max. 128 points	Max. 128 points	
	With expansion 2 * Mix type of relay and transistor units	Max. 106 points	Max. 110 points	Max. 112 points	Max. 128 points	Max. 128 points	
Program memory		EEPROM (no backup battery required)					
Program capacity		16 k steps				32 k steps	
Number of Instructions	Basic	110 approx.					
	High-level	210 approx.					
Operation speed	Up to 3,000 steps	Basic instructions: 0.08 µs Min. Timer instructions: 2.2 µs Min. High-level instructions: 0.32 µs (MV instruction) Min.					
	3,001st and later steps	Basic instructions: 0.58 µs Min. Timer instructions: 3.66 µs Min. High-level instructions: 1.62 µs (MV instruction) Min.					
Operation memory	Relay	4,096 points					
	Internal relay (R) Timer / Counter (T / C)	1,024 points					
Memory area	Data register (DT)	12,315 words				32,765 words	
	Index register (IX, IY)	14 words (I0 to I0)					
Master control relay points (MCR)		256 words					
Number of labels (JMP and LOOP)		256 labels					
Differential points		Equivalent to the program capacity					
Number of step ladder		1,000 stages					
Number of subroutines		500 subroutines					
Special functions	High speed counter	Single-phase: 6 points (50 kHz max. each) 2-phase: 3 channels (15 kHz max. each)*					
	Pulse output	Not available		4 points (50 kHz max. each) Two channels can be controlled individually.*			
	PWM output	Not available		4 points (5 Hz to 4.8 kHz)			
	Pulse catch input / Interrupt input	Total 8 points (with high speed counter)					
	Interrupt program	Input: 8 programs (6 programs for C10 only) / Periodic: 1 program / Pulse match: 4 programs					
	Periodical Interrupt	In units of 0.5 ms: 0.5 ms to 1.5 sec. / In units of 10 ms: 10 ms to 30 sec.					
	Constant scan	In units of 0.5 ms: 0.5 ms to 600 ms					
Maintenance	R0232C port	One R0232C port is mounted on each of C10CRS, C10CRM, C14CRS, C14CRM, C16CT, C16CP, C32CT, C32CP, T32CT, T32CP, F32CT and F32CP type (3P terminal block). Transmission speed (Baud rate): 2,400 to 115,200 bits/s, Transmission distance: 15 m 9.8 ft. Communication method: half duplex.					
	R0485 port	One R0485 port is mounted on each of C10MRS, C14MRS, C16MT, C16MP, C32MT, C32MP, T32MT, T32MP, F32MT and F32MP type (3P terminal block). Transmission speed (Baud rate): 115.2 kbps (It is possible to change to 19.2 kbps by the setting.). Transmission distance: 1,200 m 3,937 ft. Communication method: half duplex.					
Memory backup	Program and system register	Stored program and system register in EEPROM					
	Operation memory	Stored fixed area in EEPROM Counter: 16 points Internal relay: 128 points Data register: 315 words				Backup of the entire area by a built-in secondary battery	Backup of the entire area by FeRAM (without the need for a battery)
	Self-diagnostic function	Watchdog timer (690 ms approx.), Program syntax check					
	Real-time clock function	Not available				Available	Not available
	Other functions	Rewriting in RUN mode, Download in RUN mode (incl. comments), 8-character password setting, and Program upload protection					

* For the limitations while operating units, see the manual.

General specifications (FPOR Control units)

Item	Specifications
Rated voltage	24 V DC
Operating voltage range	20.4 to 28.8 V DC
Allowed momentary power off time	C10, C14, C16: 5 ms (at 20.4 V DC), 10 ms (21.6 V DC or higher) C32, T32, F32: 10 ms (20.4 V DC or higher)
Ambient temperature	0 to +55 °C: 32 to +131 °F
Storage temperature	-40 to +70 °C: -40 to +158 °F (-20 °C to +70 °C: -4 to +158 °F for T32 only)
Ambient humidity	10 to 95% RH (at 25 °C 77 °F, no condensation)
Storage humidity	10 to 95% RH (at 25 °C 77 °F, no condensation)
Breakdown voltage (Detection current: 5 mA)	Input terminals - output terminals, Output terminals - power and functional ground terminals --- Transistor output: 500 V AC for 1 minute (Relay output: 1,500 V AC for 1 minute) / Input terminals - power and functional ground terminals, Functional ground terminal - power terminal --- Transistor output: 500 V AC for 1 minute (Relay output: 500 V AC for 1 minute) / Output terminals - output terminals (different common terminals) --- Relay output: 1,500 V AC for 1 minute
Insulation resistance (Test voltage: 500 V DC)	Input terminals - output terminals, input terminals - power and functional ground terminals, output terminals - power and functional ground terminals, functional ground terminal - power terminal --- Transistor output: 100 MΩ minimum (relay output: 100 MΩ minimum) / Output terminals - output terminals (different common terminals) --- Relay output: 100 MΩ minimum
Vibration resistance	5 to 9 Hz, single amplitude of 3.5 mm, 1 sweep/min; 9 to 150 Hz, constant acceleration of 9.8 m/s ² , 1 sweep/min; for 10 min each in X, Y, and Z directions
Shock resistance	147 m/s ² or more, 4 times each in X, Y, and Z directions
Noise immunity	1,000 V (p-p) with pulse widths 50 ns and 1 µs (using a noise simulator) (Power supply terminal)
Operating condition	Free from corrosive gasses and excessive dust

Input specifications (Common to control units and expansion units) (As for the limitation on the number of simultaneous ON points, please refer to the manual.)

Item	Specifications	
	Control unit	Expansion unit
Rated input voltage	24 V DC	
Operating voltage range	21.6 to 28.4 V DC	
Rated input current	2.6 mA approx. (at 24 V DC)	4.7 mA approx. (at 24 V DC)
Input impedance	9.1 kΩ approx.	5.1 kΩ approx.
Input points per common	6 points / common (C10), 8 points / common (C14, C16), 16 points / common (C32, T32, F32)	
Min. ON voltage/ON current	19.2 V / 2 mA	
Max. OFF voltage/OFF current	2.4 V / 1.2 mA	
Response time	OFF → ON: 20 µs or less * An input time constant (0.1 to 64 ms) can be set. ON → OFF: Same as above	2 ms or less Same as above
Insulation method	Photo coupler	

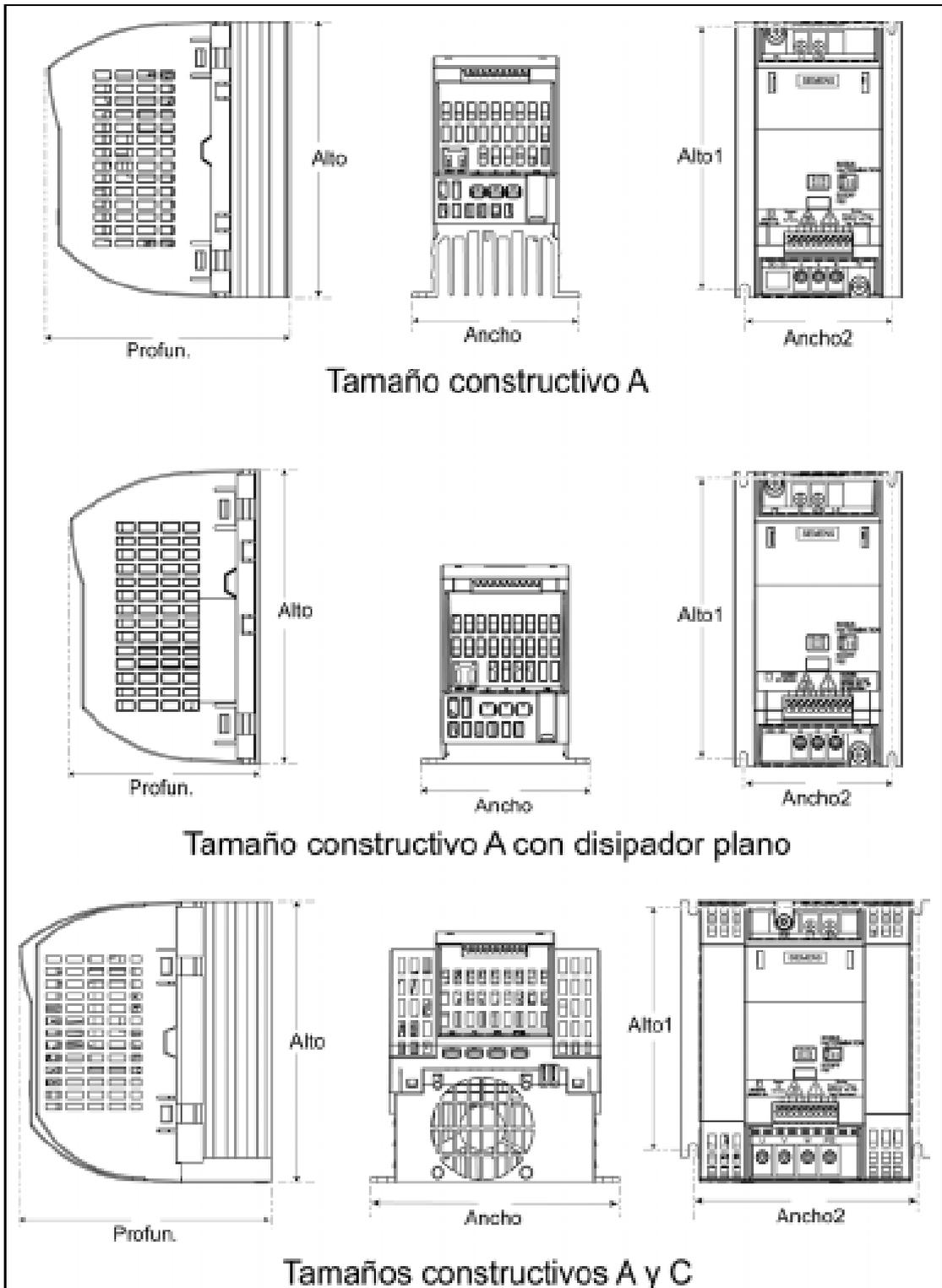
* Since the response time of X0 to X7 is very fast (for high-speed counter input) the FP0 happens to chattering noise as an input signal. To prevent this, it is recommended that the timer should be put in the ladder program.

Anexo E: Información Técnica del Sinamics G110

Datos de potencia del SINAMICS G110

Características	Datos técnicos					
Tensión de red y márgenes de frecuencia	200 V a 240 V ($\pm 10\%$) 1AC	120 W a 3.0 kW				
Frecuencia de red	47 a 63 Hz					
Frecuencia de salida	0 Hz a 650 Hz					
Cos phi	$\geq 0,95$					
Grado de rendimiento del convertidor	90% a 94% para equipos < 750 W $\geq 95\%$ para equipos $\geq 750W$					
Capacidad de sobrecarga	Sobrecorriente = 1,5 x corriente de salida nominal (o sea 150 % sobrecarga) durante 60 s, después 0,85 x corriente de salida nominal durante 240 s, tiempo de ciclo 300 segundos					
Tensiones de salida para el usuario	24 V en bornes 6 y 7 (50 mA sin regular); 10 V en bornes 8 y 10 (5 mA)					
Corriente de precarga	Menor que la corriente de entrada nominal					
Métodos de control	Características: Lineal V/f, cuadrática V/f, multipunto V/f (parametrizable)					
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar); 2 kHz a 16 kHz (en pasos de 2 kHz)					
Frecuencias fijas	3, parametrizable					
Inhibición de frecuencia	1, parametrizable					
Resolución de consigna	0,01 Hz digital, 0,01 Hz en serie, 10 bit analógica (potenciometro motorizado 0,1 Hz)					
Entradas digitales	3, parametrizable, sin separación galvánica; PNP, compatible con SIMATIC, low < 5, high > 10 V, tensión de entrada máxima 30 V					
Entrada analógica (variante analógica)	1, para consigna (0 V a 10 V, escalable o usable como cuarta entrada digital)					
Salida digital	1, salida de optoacoplador con separación galvánica (DC 24 V, 50 mA carga óhmica), tipo de transistor NPN					
Interface en serie (variante USS)	RS485, para operación con protocolo USS					
Longitud cables motor	Máx. 25 m (apantallado) máx. 50 m (no apantallado)					
Compatibilidad electromagnética	Todos los equipos con filtro EMC integrado para sistemas de accionamientos en instalaciones de la categoría C2 (distribución restringida). Valor límite según EN55011, clase A, grupo 1. Además todos los equipos con filtro integrado y cables apantallados, con una longitud máxima de 5 m cumplen con el valor límite EN55011, clase B.					
Frenado	Frenado por corriente continua					
Grado de protección	IP20					
Temperatura en servicio	-10 °C a +40 °C (hasta +50 °C con reducción de potencia)					
Temper. almacenamien.	-40 °C a +70 °C					
Humedad	95 % (no se permiten condensaciones)					
Altitud	Hasta 1000 m sobre el nivel del mar sin reducir la potencia					
Funciones de protección del convertidor	<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 33%;">• Subtensión <li style="width: 33%;">• Sobretensión <li style="width: 33%;">• Protección térmica I2t <li style="width: 33%;">• Conexión a tierra <li style="width: 33%;">• Cortocircuito <li style="width: 33%;">• Prot.bascul. motor <li style="width: 33%;">• Sobretemperatura convertidor <li style="width: 33%;">• Sobretemperatura motor 					
Conformidad de normas	UL, cUL, CE, c-tick					
Marcados CE	Según normas de baja tensión CE 73/23/EWG					
Dimensiones y pesos (sin opciones)	Tamaño constructivo (FS)		Altura x anchura x profundidad mm (pulgadas)		Peso aprox. kg (lbs)	
					Sin filtro	Con filtro
	A	hasta 370W	150 x 90 x 116 (5,9 x 3,5 x 4,6)		0,7 (1,5)	0,8 (1,7)
	A	550 & 750W	150 x 90 x 131 (5,9 x 3,5 x 5,2)		0,8 (1,8)	0,9 (2,0)
	A Flat Plate	hasta 370W	150 x 90 x 101 (5,9 x 3,5 x 3,9)		0,6 (1,3)	0,7 (1,5)
	A Flat Plate	550 W & 750 W	150 x 90 x 101 (5,9 x 3,5 x 3,9)		0,7 (1,5)	0,8 (1,8)
B	1,1 kW & 1,5 kW	160 x 140 x 142 (6,3 x 5,5 x 5,6)		1,4 (3,1)	1,5 (3,3)	
C	2,2 kW	181 x 184 x 152 (7,1 x 7,2 x 6,0)		1,9 (4,2)	2,1 (4,6)	
C	3,0 kW	181 x 184 x 152 (7,1 x 7,2 x 6,0)		2,0 (4,4)	2,2 (4,9)	

Dimensiones del SINAMICS G110



Descripción del BOP

Panel/botón	Función	Efectos
	Indicación de estado	La pantalla de cristal líquido muestra los ajustes actuales del convertidor.
	Marcha	Al pulsar este botón se arranca el convertidor. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1
	Parada	OFF1 Pulsando este botón se para el motor siguiendo el tiempo de deceleración seleccionado. Por defecto está bloqueado el botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1. OFF2 Pulsando el botón dos veces (o una vez prolongada) el motor se para de forma natural (por inercia). Esta función está siempre habilitada.
	Invertir sentido de giro	Pulsar este botón para cambiar el sentido de giro del motor. El inverso se indica mediante un signo negativo (-) o un punto decimal intermitente. Por defecto está bloqueado este botón. Para habilitarlo ajustar P0700 = 1.
	Jog motor	Pulsando este botón – en estado "listo" – el motor arranca y gira a la frecuencia Jog preseleccionada. El motor se detiene cuando se suelta el botón. Pulsar este botón cuando el motor está funcionando carece de efecto.
	Funciones	Este botón sirve para visualizar información adicional. Pulsando y manteniendo este botón apretado 2 segundos durante la marcha, desde cualquier parámetro, muestra lo siguiente: 1. Tensión del circuito intermedio (indicado mediante d. unidades en V). 2. Tensión de salida (indicada mediante o. unidades en V). 3. Frecuencia de salida (Hz) 4. El valor seleccionado en P0005 Pulsando de nuevo circula la sucesión anterior. Función de salto Pulsando brevemente el botón Fn es posible saltar desde cualquier parámetro (rXXXX o PXXXX) a r0000. Una vez retornado a r0000, si pulsa el botón Fn irá de nuevo al punto inicial.
	Acceder a parámetros	Pulsando este botón es posible acceder a los parámetros.
	Subir valor	Pulsando este botón aumenta el valor visualizado.
	Bajar valor	Pulsando este botón disminuye el valor visualizado.

Anexo F: Información Técnica del Contactor Siemens 3RT2016-1AP01

SIEMENS

Show actual product details

Data sheet

3RT2016-1AP01

CONTACTOR, AC-3, 4KW/400V, 1NO, AC 230V, 50/60 HZ, 3-POLE, SZ S00 SCREW TERMINAL



product brand name	SIRIUS
Product designation	3RT2 contactor
General technical data	
Size of contactor	S00
Product extension	
<ul style="list-style-type: none"> • function module for communication • Auxiliary switch 	No Yes
Insulation voltage	
<ul style="list-style-type: none"> • rated value 	690 V
Degree of pollution	3
Surge voltage resistance rated value	6 kV
maximum permissible voltage for safe isolation	
<ul style="list-style-type: none"> • between coil and main contacts acc. to EN 60947-1 	400 V
Protection class IP	
<ul style="list-style-type: none"> • on the front • of the terminal 	IP20 IP20
Shock resistance	
<ul style="list-style-type: none"> • at rectangular impulse 	

3RT2016-1AP01
Page 1/10

09/20/2016

Subject to change without notice
© Copyright Siemens AG

<ul style="list-style-type: none"> — at AC • with sine pulse 	6,7g / 5 ms, 4,2g / 10 ms
<ul style="list-style-type: none"> — at AC 	10,5g / 5 ms, 6,6g / 10 ms
Mechanical service life (switching cycles)	
<ul style="list-style-type: none"> • of contactor typical 	30 000 000
<ul style="list-style-type: none"> • of the contactor with added electronics-compatible auxiliary switch block typical 	5 000 000
<ul style="list-style-type: none"> • of the contactor with added auxiliary switch block typical 	10 000 000
Ambient conditions	
Installation altitude at height above sea level maximum	2 000 m
Ambient temperature	
<ul style="list-style-type: none"> • during operation 	-25 ... +60 °C
<ul style="list-style-type: none"> • during storage 	-55 ... +80 °C
Main circuit	
Number of poles for main current circuit	3
Number of NO contacts for main contacts	3
Number of NC contacts for main contacts	0
Operating voltage	
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-3 rated value maximum 	690 V
Operating current	
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-1 at 400 V <ul style="list-style-type: none"> — at ambient temperature 40 °C rated value 	22 A
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-1 <ul style="list-style-type: none"> — up to 690 V at ambient temperature 40 °C rated value — up to 690 V at ambient temperature 60 °C rated value 	22 A 20 A
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-2 at 400 V rated value 	9 A
<ul style="list-style-type: none"> • at AC-3 <ul style="list-style-type: none"> — at 400 V rated value — at 500 V rated value — at 690 V rated value 	9 A 7.7 A 6.7 A
Connectable conductor cross-section in main circuit at AC-1	
<ul style="list-style-type: none"> • at 60 °C minimum permissible • at 40 °C minimum permissible 	2.5 mm ² 4 mm ²
Operating current for approx. 200000 operating cycles at AC-4	
<ul style="list-style-type: none"> • at 400 V rated value • at 690 V rated value 	4.1 A 3.3 A
3RT2016-1AP01	
Page 2/10	
09/20/2016	
Subject to change without notice © Copyright Siemens AG	

<p>Operating current</p> <ul style="list-style-type: none"> • at 1 current path at DC-1 <ul style="list-style-type: none"> — at 24 V rated value — at 110 V rated value — at 220 V rated value — at 440 V rated value — at 600 V rated value • with 2 current paths in series at DC-1 <ul style="list-style-type: none"> — at 24 V rated value — at 110 V rated value — at 220 V rated value — at 440 V rated value — at 600 V rated value • with 3 current paths in series at DC-1 <ul style="list-style-type: none"> — at 24 V rated value — at 110 V rated value — at 220 V rated value — at 440 V rated value — at 600 V rated value 	<p>20 A</p> <p>2.1 A</p> <p>0.8 A</p> <p>0.6 A</p> <p>0.6 A</p> <p>20 A</p> <p>12 A</p> <p>1.6 A</p> <p>0.8 A</p> <p>0.7 A</p> <p>20 A</p> <p>20 A</p> <p>20 A</p> <p>1.3 A</p> <p>1 A</p>	
<p>Operating current</p> <ul style="list-style-type: none"> • at 1 current path at DC-3 at DC-5 <ul style="list-style-type: none"> — at 24 V rated value — at 110 V rated value • with 2 current paths in series at DC-3 at DC-5 <ul style="list-style-type: none"> — at 110 V rated value — at 24 V rated value • with 3 current paths in series at DC-3 at DC-5 <ul style="list-style-type: none"> — at 110 V rated value — at 220 V rated value — at 24 V rated value — at 440 V rated value — at 600 V rated value 	<p>20 A</p> <p>0.1 A</p> <p>0.35 A</p> <p>20 A</p> <p>20 A</p> <p>1.5 A</p> <p>20 A</p> <p>0.2 A</p> <p>0.2 A</p>	
<p>Operating power</p> <ul style="list-style-type: none"> • at AC-1 <ul style="list-style-type: none"> — at 230 V rated value — at 230 V at 60 °C rated value — at 400 V rated value — at 400 V at 60 °C rated value — at 690 V rated value — at 690 V at 60 °C rated value • at AC-2 at 400 V rated value 	<p>7.5 kW</p> <p>7.5 kW</p> <p>13 kW</p> <p>13 kW</p> <p>22 kW</p> <p>22 kW</p> <p>4 kW</p>	
<p>3RT2016-1AP01 Page 3/10</p>	<p>09/20/2016</p>	<p>Subject to change without notice © Copyright Siemens AG</p>

Anexo G: Información Técnica Fuente de poder Delta PMC-24V 100W 1AA

GENERAL SPECIFICATIONS

OUTPUT	PMC-24V035W1A□	PMC-24V050W1A□	PMC-24V075W1A□	PMC-24V100W1A□	PMC-24V150W1A□
Output Voltage	24V	24V	24V	24V	24V
Output Voltage Range	22-28V	22-28V	22-28V	22-28V	22-28V
Output Current	1.46A	2.10A	3.12A	4.17A	6.25A
Output Power	35W	50W	75W	100W	150W
Line Regulation	< 0.5% typ. (@ 85-264Vac input, 100% load)				
Load Regulation	< 1% typ. (@ 85-264Vac input, 0-100% load)				
PARV (20MHz)	< 150mVpp		< 100mVpp	< 150mVpp	< 100mVpp
Hold-up Time	> 15ms @ 115Vac, > 80ms @ 230Vac	> 15ms @ 115Vac, > 90ms @ 230Vac			> 15ms @ 115Vac, > 80ms @ 230Vac
INPUT					
Phase Input	Single Phase				
Input Voltage Range	85-264Vac (DC input range 125-375Vdc) ¹⁾				
Input Frequency	47-63Hz				
Input Current	< 0.75A @ 115Vac, < 0.50A @ 230Vac	< 1.10A @ 115Vac, < 0.70A @ 230Vac	< 1.50A @ 115Vac, < 1.00A @ 230Vac	< 2.00A @ 115Vac, < 1.10A @ 230Vac	< 3.10A @ 115Vac, < 2.00A @ 230Vac
Efficiency ²⁾ at 100% Load	> 85.0% @ 115Vac & 230Vac	> 86.0% @ 115Vac & 230Vac			> 87.0% @ 115Vac, > 88.0% @ 230Vac
Max Inrush Current (Cold Start)	< 30A @ 115Vac, < 60A @ 230Vac		< 40A @ 115Vac, < 80A @ 230Vac	< 50A @ 115Vac, < 100A @ 230Vac	< 60A @ 115Vac, < 120A @ 230Vac
Power Factor	Conform to EN 61000-3-2				NA
Leakage Current	< 1mA @ 240Vac				
MECHANICAL					
Case Cover / Chassis	Aluminium				
Dimensions (L x W x D)	128 x 97 x 38 mm (5.04" x 3.82" x 1.50")	128 x 97 x 38 mm (5.04" x 3.82" x 1.50")	128 x 97 x 38 mm (5.04" x 3.82" x 1.50")	158 x 97 x 38 mm (6.22" x 3.82" x 1.50")	178 x 97 x 38 mm (7.01" x 3.82" x 1.50")
Unit Weight	0.24 kg (0.53 lb)	0.26 kg (0.57 lb)	0.30 kg (0.66 lb)	0.41 kg (0.90 lb)	0.48 kg (1.06 lb)
Cooling System	Convection				
MTBF ³⁾	> 700,000 hrs	> 700,000 hrs	> 700,000 hrs	> 700,000 hrs	> 700,000 hrs
ENVIRONMENT					
Operating Temperature	-10°C to +70°C				
Storage Temperature	-25°C to +85°C				
Power De-rating	> 50°C (2.5% / °C)				
Operating Humidity	5 to 95% RH (Non-Condensing)				
Operating Altitude	0 to 3,000 m (0 to 9,840 ft)				0 to 5,000 m (0 to 16,400 ft)

Anexo H: Cable Panasonic PLC RS232C TOOL-Port

Panasonic Electric Works Europe AG

Panasonic

Panasonic PLC RS232C TOOL-Port
FP0/e/G/X/Sigma/2/2SH
Mini-DIN 5-Pin Male

Seite 3 von 5

Shrinkable sleeve, approx. 15mm

Three leads, approx. 35mm long (colors see below)

Wire-end ferrules, tin-plated, 0.25 mm², length approx. 5 mm

L = 2000 mm +/- 50

Sticker or Print

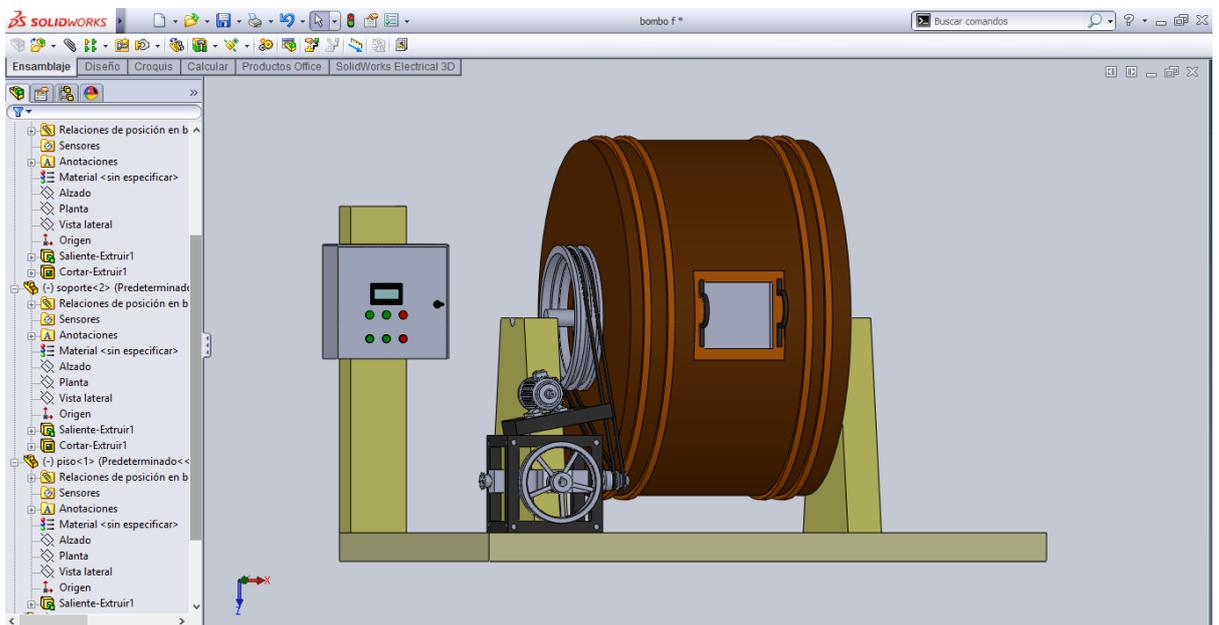
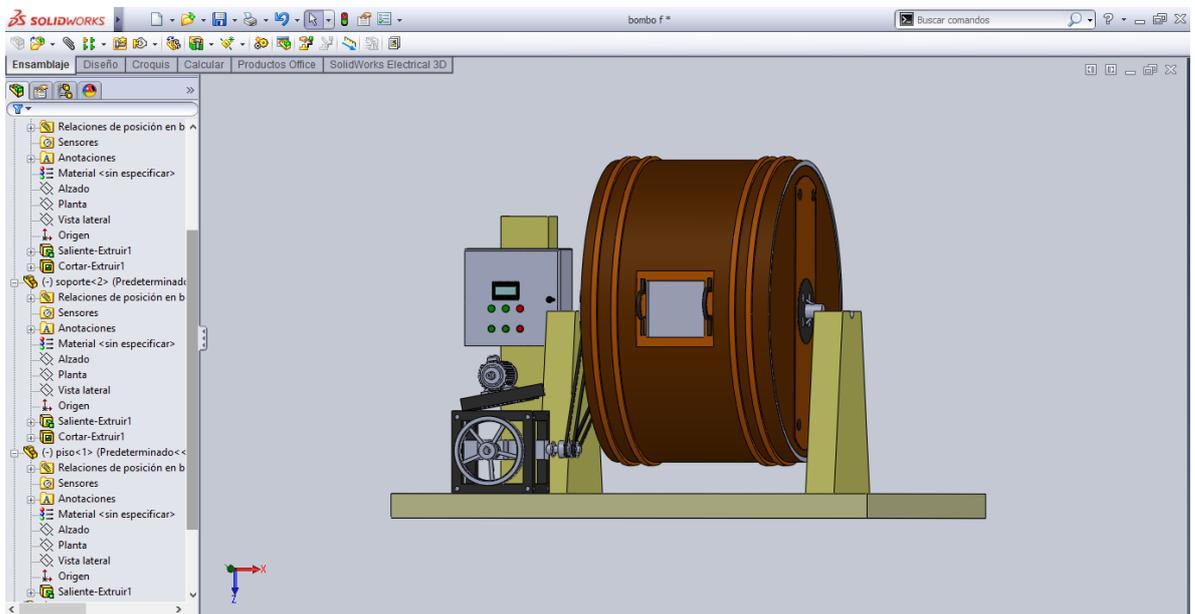
Connector Case: Plastic
Straight or 90 degree housing

Cable direction for 90 degree housing ↓

RS232C Connector GT10 COM Port (open wires)	Panasonic PLC RS232C TOOL-Port FP0/e/G/X/2/2SH Mini-DIN 5-Pin Male	Pin
GND ● brown	● 1 SG	● 1 SG
CS ● C	● 2 SD	● 2 SD
RS ● white	● 3 RD	● 3 RD
RD ● green	● 4	● 4
SD ● green	● 5 +5V	● 5 +5V
	Shield	⌋ Metal housing

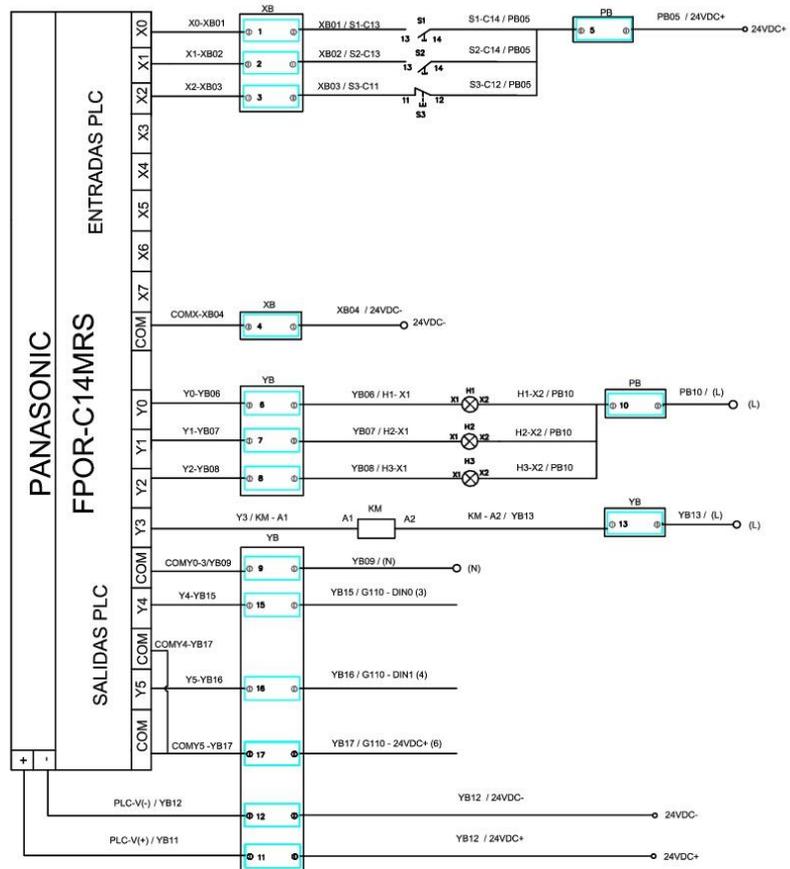
Specification Sheet		Seite 3 von 5	
Product Number	Description		
A/GT8192D	GT10 to TOOL port cable		
Version	Date	designed by	
1.0	23.9.2004	approved	
1.1	30.6.2005	ZH	
1.2	22.3.2007	ZH	
		✓	

Anexo I: Diseño del bomo “acabado en húmedo” automatizado en SolidWorks



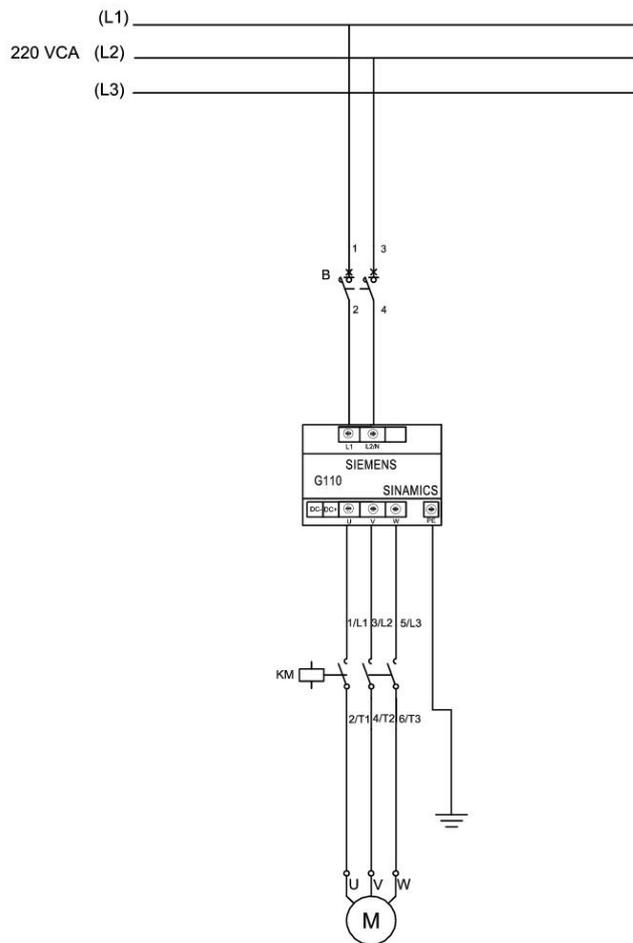
Anexo J: Planos eléctricos

DIAGRAMA DE CONTROL



<p>REALIZADO POR : DAYANA CARRILLO CALDERÓN ANDRÉS CUSHQUICULLMA COLCHA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES IND.</p>	<p>Hoja Nº: 01 de 02</p>
<p>TÍTULO: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE CONTROL</p>		

DIAGRAMA DE FUERZA



REALIZADO POR:

DAYANA CARRILLO CALDERÓN
ANDRÉS CUSHQUICULLMA COLCHA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES IND.

Hoja Nº: 02 de 02

TÍTULO: DIAGRAMA DEL CIRCUITO DE POTENCIA

