



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO
MEDIANTE RECIBE BATCH PARA UN DESHIDRATADOR A
VAPOR DE VEGETALES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS”

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

AUTORES: BYRON VINICIO MOYOTA CASTAÑEDA
LIDIA CAROLINA GUILCAPI SANUNGA

Riobamba- Ecuador
2017



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

“DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO
MEDIANTE RECIBE BATCH PARA UN DESHIDRATADOR A
VAPOR DE VEGETALES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS”

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

AUTORES: BYRON VINICIO MOYOTA CASTAÑEDA
LIDIA CAROLINA GUILCAPI SANUNGA

TUTOR: ING. ALBERTO ARELLANO

Riobamba-Ecuador

2017

©2016, Byron Vinicio Moyota Castañeda - Lidia Carolina Guilcapi Sanunga

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: El trabajo de titulación: “DESARROLLO DE UN SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO MEDIANTE RECIPES BATCH PARA UN DESHIDRATADOR A VAPOR DE VEGETALES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS” de responsabilidad de los señores Byron Vinicio Moyota Castañeda y Lidia Carolina Guilcapi Sanunga, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del tribunal del trabajo de titulación, quedando autorizada su presentación.

| NOMBRE | FIRMA | FECHA |
|--|--------------|--------------|
| Ing. Washington Luna Encalada 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. Alberto Arellano A. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN | | |
| Ing. Henry Vallejo V. MIEMBRO DEL TRIBUNAL | | |

“Nosotros, **BYRON VINICIO MOYOTA CASTAÑEDA Y LIDIA CAROLINA GUILCAPI SANUNGA**, 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**”.

Byron Vinicio Moyota Castañeda

Lidia Carolina Guilcapi Sanunga

DEDICATORIAS

Dedico este trabajo de titulación a Dios, Nuestra Señora del Rosario de Agua Santa de Baños por concederme un día más de vida, guiar mis pasos por un buen camino, darme fuerzas, fortaleza para seguir adelante siempre y poder cumplir con una de mis metas anheladas. A mis Padres Carlos y Lidia por darme la vida, brindarme su amor, apoyo incondicional en todo momento, ser un ejemplo a seguir y enseñarme que a pesar de los obstáculos que se presenten en la vida hay que salir adelante y no rendirse jamás. A mis hermanos Israel, Tania, Andrea y a mi Tía Sara Guilcapi ya que gracias a su apoyo, esmero, paciencia y comprensión me ayudaron a superar todos los obstáculos que se me presentaron a lo largo de mi carrera y en el trayecto de mi vida. A mi compañero de este trabajo de titulación Byron por incentivarme a ser mejor cada día, ser mi fortaleza en todo momento y permitirme llegar juntos a este momento tan importante de nuestra formación profesional.

Carolina

Dedico este trabajo de titulación a mi sobrino Dennis Fernando, quien me ha enseñado lo fastuoso de la vida y apreciar todo cuan pequeño sea.

Byron

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por concederme la vida y salud para alcanzar una de mis metas en el camino de mi vida.

A la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO por permitirme formar parte de tan prestigiosa institución.

A su planta docente por compartirme sus conocimientos para alcanzar mi superación profesional de manera especial a los Ingenieros Alberto Arellano, Henry Vallejo, Marco Viteri, por sugerencias y apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo de titulación y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron en la realización del mismo.

Carolina

A Dios, Nuestra Señora del Rosario de Agua Santa de Baños por concederme protección y ayuda siempre, a mis Padres Gonzalo y Marcia por brindarme su apoyo y comprensión, a mis hermanos Javier (+), Danilo y Javier quienes me brindaron sus consejos y ayuda incondicional, a mi compañera Carolina por acompañarme y compartir innumerables experiencias, a mis amigos y todo quien colaboro para poder llegar a cumplir este sueño.

Byron

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | xi |
| ÍNDICE DE FIGURA..... | xiii |
| ÍNDICE DE GRÁFICO..... | xvi |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | xvii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xviii |
| ÍNDICE DE ABREVIATURAS..... | xix |
| RESUMEN..... | xx |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| CAPITULO I | |
| 1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 7 |
| 1.1 Deshidratación..... | 7 |
| <i>1.1.1</i> <i>Tipos de Secadores.....</i> | <i>8</i> |
| <i>1.1.2</i> <i>Métodos de deshidratación más utilizados para alimentos.....</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.3</i> <i>Secador tipo túnel.....</i> | <i>9</i> |
| <i>1.1.4</i> <i>Ventajas de la deshidratación.....</i> | <i>10</i> |
| 1.2 Transferencia de Calor..... | 11 |
| 1.3 Vapor..... | 11 |
| 1.4 RECIPE-BATCH (receta por lotes)..... | 11 |
| 1.5 Sistema Electrónico..... | 12 |
| <i>1.5.1</i> <i>Dispositivos de Entrada.....</i> | <i>12</i> |
| <i>1.5.2</i> <i>Dispositivos de Proceso.....</i> | <i>12</i> |
| <i>1.5.3</i> <i>Dispositivos de Salida.....</i> | <i>12</i> |
| 1.6 Sistemas de Control..... | 12 |
| <i>1.6.1</i> <i>Sistema de Control en Lazo Abierto.....</i> | <i>13</i> |
| <i>1.6.2</i> <i>Sistema de Control en Lazo Cerrado.....</i> | <i>14</i> |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 1.7 | Automatización Industrial..... | 14 |
| 1.8 | Controlador Lógico Programable (PLC) | 14 |
| <i>1.8.1</i> | <i>Partes de un PLC.....</i> | <i>15</i> |
| <i>1.8.2</i> | <i>Funciones de un PLC.....</i> | <i>15</i> |
| <i>1.8.3</i> | <i>Pasos para seleccionar un PLC.....</i> | <i>16</i> |
| <i>1.8.4</i> | <i>PLC Twido TWDLCAA24DRF Schneider Electric.</i> | <i>18</i> |
| <i>1.8.5</i> | <i>Software de Programación TwidoSuite.....</i> | <i>19</i> |
| <i>1.8.5.1</i> | <i>Características.....</i> | <i>20</i> |
| <i>1.8.5.2</i> | <i>Funciones.....</i> | <i>20</i> |
| <i>1.8.6</i> | <i>Lenguaje de Programación del PLC.....</i> | <i>20</i> |
| <i>1.8.6.1</i> | <i>GRAFCET.....</i> | <i>20</i> |
| <i>1.8.6.2</i> | <i>LADDER.....</i> | <i>21</i> |
| 1.9 | Módulo TwidoPort 499 TWD 01100 | 22 |
| 1.10 | Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT | 23 |
| 1.11 | Interfaz Hombre - Máquina (HMI) | 25 |
| <i>1.11.1</i> | <i>Tipos de HMI.....</i> | <i>25</i> |
| <i>1.11.2</i> | <i>Funciones de un HMI.....</i> | <i>26</i> |
| <i>1.11.3</i> | <i>Tipos de HMI hardware:.....</i> | <i>27</i> |
| <i>1.11.4</i> | <i>Pantalla Delta DOP- B03E211.....</i> | <i>27</i> |
| <i>1.11.5</i> | <i>Comunicación.....</i> | <i>28</i> |
| <i>1.11.6</i> | <i>Software DOP Soft.....</i> | <i>29</i> |
| 1.12 | Variador de Frecuencia..... | 30 |
| <i>1.12.1</i> | <i>Principio de Funcionamiento.....</i> | <i>30</i> |
| <i>1.12.2</i> | <i>Variador de Frecuencia IG5A</i> | <i>30</i> |
| 1.13 | Router | 33 |
| <i>1.13.1</i> | <i>Router Wifi Echolife.....</i> | <i>33</i> |
| 1.14 | Fuente de Alimentación..... | 34 |
| 1.15 | Sensores..... | 35 |

| | | |
|--------------------|---|-----------|
| <i>1.15.1</i> | <i>Clasificación Sensores.....</i> | <i>35</i> |
| <i>1.15.2</i> | <i>Sensor de Temperatura.....</i> | <i>36</i> |
| <i>1.15.3</i> | <i>Sensor RTD (Resistance Temperature Detector).....</i> | <i>36</i> |
| <i>1.15.3.1</i> | <i>Sensor Pt100.....</i> | <i>37</i> |
| 1.16 | Actuadores | 38 |
| <i>1.16.1</i> | <i>Motores Eléctricos.....</i> | <i>38</i> |
| <i>1.16.1.1</i> | <i>Motor Eléctrico Trifásico.....</i> | <i>38</i> |
| <i>1.16.2</i> | <i>Electroválvula ON/OFF</i> | <i>39</i> |
| <i>1.16.2.1</i> | <i>Partes de una Electroválvula</i> | <i>39</i> |
| <i>1.16.3</i> | <i>Ventiladores.....</i> | <i>41</i> |
| 1.17 | Elementos Eléctricos..... | 42 |
| <i>1.17.1</i> | <i>Breaker Eléctrico</i> | <i>42</i> |
| <i>1.17.2</i> | <i>Contactor Eléctrico.....</i> | <i>43</i> |
| <i>1.17.2.1</i> | <i>Partes del Contactador.....</i> | <i>43</i> |
| <i>1.17.2.2</i> | <i>Elección del Contactador:</i> | <i>43</i> |
| <i>1.17.3</i> | <i>Pulsador.....</i> | <i>44</i> |
| <i>1.17.4</i> | <i>Botón de Emergencia</i> | <i>44</i> |
| <i>1.17.5</i> | <i>Luces Indicadoras.....</i> | <i>45</i> |
| <i>1.17.6</i> | <i>Conductor Eléctrico</i> | <i>45</i> |
| CAPITULO II | | |
| 2 | MARCO METODOLÓGICO | 47 |
| 2.1 | Introducción..... | 47 |
| 2.2 | Etapas del Diseño e Implementación del Deshidratador de Vegetales..... | 48 |
| 2.3 | Estado Técnico Del Equipo..... | 49 |
| 2.4 | Reparación e Implementación del Sistema Mecánico..... | 52 |
| <i>2.4.1</i> | <i>Diseño de los componentes a ser modificados</i> | <i>52</i> |
| <i>2.4.1.1</i> | <i>Base para el Motor Trifásico</i> | <i>52</i> |
| <i>2.4.1.2</i> | <i>Motor Trifásico.....</i> | <i>53</i> |

| | | |
|---------|--|----|
| 2.4.1.3 | <i>Selección de Polea y Correas de Transmisión</i> | 54 |
| 2.4.2 | Implementación | 65 |
| 2.5 | Diseño e Implementación del Sistema Eléctrico | 66 |
| 2.5.1 | Diseño | 66 |
| 2.5.1.1 | <i>Diagrama</i> | 66 |
| 2.5.1.2 | <i>Dimensionamiento Protecciones para Cargas Trifásicas y Monofásica</i> | 69 |
| 2.5.1.3 | <i>Dimensionamiento de Contactores</i> | 73 |
| 2.5.1.4 | <i>Dimensionamiento de Conductores</i> | 74 |
| 2.5.2 | Implementación | 82 |
| 2.5.2.1 | <i>Distribución de Riel Din y Canaletas</i> | 82 |
| 2.5.2.2 | <i>Ubicación de los dispositivos en el Tablero</i> | 83 |
| 2.5.2.3 | <i>Cableado de los dispositivos de Protección y Control</i> | 83 |
| 2.5.2.4 | <i>Colocación Pantalla HMI, Luces, Pulsadores y Botón de Emergencia</i> | 84 |
| 2.5.2.5 | <i>Conexión Router, Pantalla HMI, Pulsadores y Botón de Emergencia</i> | 84 |
| 2.5.2.6 | <i>Tablero Terminado</i> | 85 |
| 2.6 | Implementación del Sistema Electrónico | 85 |
| 2.7 | Programación del PLC | 86 |
| 2.7.1 | <i>Entradas Digitales</i> | 86 |
| 2.7.2 | <i>Salidas Digitales</i> | 87 |
| 2.7.3 | <i>Entradas Analógicas</i> | 87 |
| 2.8 | Programación HMI | 88 |
| 2.8.1 | <i>Creación de las pantallas del HMI</i> | 90 |
| 2.8.2 | <i>Asignación de direcciones internas y externas</i> | 91 |
| 2.8.3 | <i>Creación de RÉCIPE BATCH</i> | 92 |
| 2.8.4 | <i>Arquitectura</i> | 94 |
| 2.8.5 | <i>Pantalla principal (HOME)</i> | 96 |
| 2.8.5.1 | <i>RECIPE BATCH</i> | 96 |
| 2.8.5.2 | <i>Monitoreo</i> | 98 |

| | | |
|---------------------|---|------------|
| 2.8.5.3 | Menú | 99 |
| 2.9 | Programación del Variador de Frecuencia | 102 |
| CAPITULO III | | |
| 3 | PRUEBAS Y RESULTADOS..... | 105 |
| 3.1 | Sistema mecánico..... | 105 |
| 3.2 | Sistema eléctrico | 105 |
| 3.3 | Sistema electrónico | 106 |
| 3.4 | Tamaño Muestral | 106 |
| 3.5 | Procedimiento para la Deshidratación de los Vegetales | 107 |
| 3.6 | Comparación del Sistema antes y después de Implementar el Sistema de Control y Monitoreo mediante Recipe Batch. | 108 |
| 3.7 | RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO..... | 109 |
| 3.8 | Comparación del tiempo del proceso de Deshidratación de alverja antes y después de Implementar el Sistema de Control y Monitoreo..... | 113 |
| 3.9 | Pruebas de Deshidratación con varios tipos de vegetales, realizadas después de la Implementación del Sistema de Control y Monitoreo mediante Recipe Batch:..... | 114 |
| 3.10 | Respuestas a las Interrogantes de la Formulación del Problema..... | 117 |
| | CONCLUSIONES | 119 |
| | RECOMENDACIONES..... | 120 |
| BIBLIOGRAFÍA | | |
| ANEXOS | | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|---------------|---|-----|
| Tabla 1 - 1: | Tipos de Secadores | 8 |
| Tabla 2 - 1: | Clasificación de los Métodos de Deshidratación..... | 9 |
| Tabla 3 - 1: | Especificaciones Generales del PLC TWIDO TWDLCAA24DRF..... | 18 |
| Tabla 4 - 1: | Elementos de un GRAFCET de Programación..... | 21 |
| Tabla 5 - 1: | Elementos de Programación..... | 22 |
| Tabla 6 - 1: | Especificaciones Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT..... | 24 |
| Tabla 7- 1: | Especificaciones pantalla táctil DOP – B03E211..... | 28 |
| Tabla 8 - 1: | Especificaciones del Variador de Frecuencia SV037iG5A-2 | 31 |
| Tabla 9 - 1: | Especificaciones del Router Echolife Hg520c..... | 34 |
| Tabla 10 - 1: | Clasificación de Sensores..... | 35 |
| Tabla 11 - 1: | Características del Sensor PT100 | 38 |
| Tabla 12 - 1: | Color de Conductores..... | 46 |
| | | |
| Tabla 1 - 2: | Evaluación de Aspectos | 50 |
| Tabla 2 - 2: | Asignación de Valores a Calificar..... | 50 |
| Tabla 3 - 2: | Aspectos Calificados..... | 51 |
| Tabla 4 - 2: | Selección del Estado de Servicio de Mantenimiento..... | 51 |
| Tabla 5 - 2: | Especificaciones del Motor Trifásico | 53 |
| Tabla 6 - 2: | Censo de Carga Red Trifásica..... | 70 |
| Tabla 7 - 2: | Censo de Carga Red Monofásica..... | 73 |
| Tabla 8 - 2: | Dimensionamiento de Contactores | 73 |
| Tabla 9 - 2: | Cálculo del Calibre de Conductores | 74 |
| Tabla 10 - 2: | Dimensionamiento de conductores | 82 |
| Tabla 11 - 2: | Entradas Digitales | 87 |
| Tabla 12 - 2: | Salidas Digitales | 87 |
| Tabla 13 - 2: | Entradas Analógicas..... | 87 |
| Tabla 14 - 2: | Teclado de programación..... | 102 |
| | | |
| Tabla 1 - 3: | Tabla para seleccionar Valores de α | 106 |
| Tabla 2 - 3: | Primera Prueba, Fase de Calentamiento de la Máquina..... | 110 |
| Tabla 3 - 3: | Segunda Prueba, Fase de Calentamiento de la Máquina | 110 |
| Tabla 4 - 3: | Tercera Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina | 111 |
| Tabla 5 - 3: | Cuarta Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina..... | 111 |

| | | |
|----------------------|---|------------|
| Tabla 6 - 3: | Quinta Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina..... | 111 |
| Tabla 7 - 3: | Sexta Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina..... | 112 |
| Tabla 8 - 3: | Séptima Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina..... | 112 |
| Tabla 9 - 3: | Octava Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina..... | 113 |
| Tabla 10 - 3: | Deshidratación de Fréjol..... | 114 |
| Tabla 11 - 3: | Deshidratación de Uvas..... | 114 |
| Tabla 12 - 3: | Deshidratación de Acelga..... | 115 |
| Tabla 13 - 3: | Deshidratación de Ají..... | 115 |
| Tabla 14 - 3: | Resultados del tiempo y temperatura aplicados en la Deshidratación de Vegetales..... | 116 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | | |
|-----------------------|---|-----------|
| Figura 1 - 1: | Vegetales Deshidratados | 7 |
| Figura 2 - 1: | Secador Túnel..... | 10 |
| Figura 3 - 1: | Diagramas de Bloques de un Sistema de Control..... | 13 |
| Figura 4 - 1: | Diagrama de Bloques de un proceso en Lazo Abierto | 13 |
| Figura 5 - 1: | Diagrama de Bloques de un proceso en Lazo Cerrado | 14 |
| Figura 6 - 1: | PLC Twido TWDLCAA24DRF | 18 |
| Figura 7 - 1: | Software de Programación Twido Suite | 19 |
| Figura 8 - 1: | Módulo TWIDOPORT 499 TWD 01100 | 23 |
| Figura 9 - 1: | Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT | 24 |
| Figura 10 - 1: | Estructura de un HMI | 26 |
| Figura 11 - 1: | HMI DOP-B03E211..... | 27 |
| Figura 12 - 1: | Software de Programación DOPSoft..... | 29 |
| Figura 13 - 1: | Variador de Frecuencia SV037iG5A-2..... | 30 |
| Figura 14 - 1: | Sensor de Temperatura PT100 | 37 |
| Figura 15 - 1: | Motor Trifásico (C.A) de 5HP..... | 39 |
| Figura 16 - 1: | Electroválvula ON/OFF | 39 |
| Figura 17 - 1: | Partes Electroválvula..... | 40 |
| Figura 18 - 1: | Ventilador..... | 41 |
| Figura 19 - 1: | Breaker Schneider Electric | 42 |
| Figura 20 - 1: | Contactador Eléctrico..... | 43 |
| Figura 21 - 1: | Pulsador..... | 44 |
| Figura 22 - 1: | Botón de Emergencia..... | 44 |
| Figura 23 - 1: | Luces Indicadoras..... | 45 |
| Figura 24 - 1: | Conductores..... | 45 |
| | | |
| Figura 1 - 2: | Diseño de la Base para Motor Trifásico | 52 |
| Figura 2 - 2: | Diseño de la base del Motor, Tensor y Motor..... | 53 |
| Figura 3 - 2: | Tabla para seleccionar el Factor de Corrección de potencia (K) | 55 |
| Figura 4 - 2: | Sección de Correas de Transmisión | 56 |
| Figura 5 - 2: | Tabla para seleccionar la Longitud Primitiva Nominal..... | 59 |
| Figura 6 - 2: | Tabla para elegir el Factor de Corrección del largo de la Correa..... | 60 |
| Figura 7 - 2: | Tabla para seleccionar el Factor de Corrección del Arco de Contacto | 61 |
| Figura 8 - 2: | Tabla para seleccionar la Potencia Base y Potencia Adicional | 63 |

| | |
|--|------------|
| Figura 9 - 2: Colocación Motor de 5HP | 65 |
| Figura 10 - 2: Colocación polea menor y correas de transmisión..... | 65 |
| Figura 11 - 2: Calibración la banda transportadora..... | 66 |
| Figura 12 - 2: Diagrama de Fuerza | 67 |
| Figura 13 - 2: Diagrama de Control | 68 |
| Figura 14 - 2: Colocamos Riel din y Canaletas en el tablero de Cotrol..... | 83 |
| Figura 15 - 2: Colocación de los componentes eléctricos y electrónicos | 83 |
| Figura 16 - 2: Conexión de los componentes eléctricos y electrónicos..... | 84 |
| Figura 17 - 2: Colocación pantalla HMI..... | 84 |
| Figura 18 - 2: Conexión pantalla HMI y Router..... | 85 |
| Figura 19 - 2: Tablero de Control y Mando terminado | 85 |
| Figura 20 - 2: Implementación Sensores de Temperatura | 86 |
| Figura 21 - 2: Pantalla Inicial Programa DOPSoft..... | 88 |
| Figura 22 - 2: Pantalla para seleccionar el HMI..... | 88 |
| Figura 23 - 2: Pantalla con los puertos de Comunicación..... | 89 |
| Figura 24 - 2: Pantalla para seleccionar el puerto de comunicación Ethernet | 89 |
| Figura 25 - 2: Pantalla para ingresar Dirección IP del HMI..... | 90 |
| Figura 26 - 2: Creación de Pantallas de interacción con sus elementos..... | 90 |
| Figura 27 - 2: Ingreso de Botones..... | 91 |
| Figura 28 - 2: Asignación de Memorias Internas y Externas | 92 |
| Figura 29 - 2: Pantalla para crear Recipe Batch..... | 92 |
| Figura 30 - 2: Pantalla para habilitar Recipe Batch..... | 93 |
| Figura 31 - 2: Asignación de valores para Recipe Batch..... | 93 |
| Figura 32 - 2: Pantalla de configuración para el manejo de Recipe Batch..... | 94 |
| Figura 33 - 2: Arquitectura HMI | 95 |
| Figura 34 - 2: Pantalla Inicial HMI..... | 96 |
| Figura 35 - 2: Pantalla de RECIPE-BATCH..... | 96 |
| Figura 36 - 2: Pantalla para modificar RECIPE-BATCH..... | 97 |
| Figura 37 - 2: Pantalla de ingreso de parámetros Recipe Batch | 97 |
| Figura 38 - 2: Pantalla para cargar Recipe Batch..... | 98 |
| Figura 39 - 2: Pantalla monitoreo e inicio del proceso..... | 98 |
| Figura 40 - 2: Pantalla Menú..... | 99 |
| Figura 41 - 2: Pantalla de Actuadores del Equipo | 100 |
| Figura 42 - 2: Pantalla monitoreo Temperatura..... | 100 |
| Figura 43 - 2: Pantalla monitoreo Tiempo..... | 101 |
| Figura 44 - 2: Pantalla opción "Acerca de"..... | 101 |

| | |
|---|------------|
| Figura 45 - 2: Grupos de parámetros del Variador de Frecuencia SV - iG5A | 103 |
| Figura 46 - 2: Bornes del Variador de Frecuencia..... | 104 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|------------|
| Gráfico 1 - 2: Etapas del Diseño e Implementación del Deshidratador de Vegetales a Vapor..... | 47 |
| Gráfico 2 - 2: Etapas, parámetros y actuadores que intervienen en el proceso de deshidratación..... | 48 |
| Gráfico 1 - 3: Comparación del sistema antes y después de implementar el sistema de control y monitoreo..... | 109 |
| Gráfico 2 - 3: Tiempo de deshidratación antes y después de implementar el sistema de control..... | 113 |
| Gráfico 3 - 3 Tiempo y Temperatura de Vegetales Deshidratados..... | 117 |

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | | |
|------------------|---|-----|
| Ecuación 1 - 2: | Ecuación de Potencia Corregida de la Potencia Transmitida | 54 |
| Ecuación 2 - 2: | Ecuación de Relación de Transmisión..... | 56 |
| Ecuación 3 - 2: | Polea Mayor..... | 57 |
| Ecuación 4 - 2: | Polea Menor..... | 57 |
| Ecuación 5 - 2: | Distancia entre Ejes de Poleas | 58 |
| Ecuación 6 - 2: | Longitud de las Correas de Transmisión..... | 59 |
| Ecuación 7 - 2: | Arco de Contacto | 60 |
| Ecuación 8 - 2: | Velocidad de las Correas de Transmisión..... | 62 |
| Ecuación 9 - 2: | Potencia Efectiva por Correa de Transmisión..... | 63 |
| Ecuación 10 - 2: | Número de Correas de Transmisión..... | 64 |
| Ecuación 11 - 2: | Ecuación corriente de protección | 69 |
| Ecuación 12 - 2: | Caída de Tensión Circuito Trifásico..... | 74 |
| Ecuación 13 - 2: | Caída de Tensión Circuito Monofásico..... | 74 |
| Ecuación 1- 3: | Ecuación para tamaño muestral para considerar una media..... | 106 |

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Programación del PLC

Anexo B: Descripción del Equipo

Anexo C: Planos de Modificaciones Mecánicas

Anexo D: Ficha Técnica

Anexo E: Instructivo

Anexo F: Manual de Procedimientos

Anexo G: Manual de operación del deshidratador tipo túnel

Anexo H: Fotografías antes y después de la implementación del Sistema de Control y Monitoreo

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

| | |
|--------------|---|
| A | Amperio |
| AWG | American Wire Gauge |
| °C | Grados Centígrados |
| Cm | Centímetro |
| GRAF CET | (Gráfica de control de etapas de transición) |
| HMI | Interfaz Hombre Máquina |
| HP | Caballos de Fuerza |
| Hz | Hercio |
| I | Corriente |
| In | Corriente Nominal |
| kPa | Kilopascal |
| Km | Kilómetros |
| Mm | Milímetro |
| mA | Miliamperio |
| PLC | Control Lógico Programable |
| PWM | Modulación de ancho de pulso |
| Recipe Batch | Receta por Lotes |
| RTD | Detector de Temperatura Resistivo |
| TCP/IP | Protocolo de Control de Transmisión/ protocolo de |
| V | Voltio |
| Vca | Voltaje de Corriente Alterna |
| Vcc | Voltaje de Corriente Continua |
| W | Vatio |

RESUMEN

Se desarrolló un sistema de control y monitoreo mediante recetas industriales (RECIPE-BATCH), para un deshidratador a vapor de vegetales, en la Facultad de Ciencias. Se aplicó el método heurístico para su desarrollo, en primer lugar, se determinaron los parámetros necesarios para la deshidratación a partir del análisis del diseño de construcción del equipo. Se procedió a restablecer el funcionamiento del deshidratador, evaluándolo mediante un estado técnico del equipo, de lo cual se determinó y aplicó reparaciones en el mismo. En el diseño e implementación del sistema de control y monitoreo se suministró la configuración y programación de: el controlador lógico programable (PLC), la interfaz hombre máquina (HMI) y variador de frecuencia, además fue necesario implementar la comunicación vía Ethernet entre HMI y PLC, como último paso se empleó la técnica RECIPE-BATCH dentro del HMI. Como consecuencia de la implementación del sistema de control y monitoreo mediante RECIPE-BATCH, redujo en 30 minutos el tiempo de deshidratación. En conclusión la eficacia del proceso de deshidratación antes y después de la implementación del sistema de control y monitoreo, fue mayor en un 6,66% debido a la reducción de tiempos en el proceso a consecuencia de una mayor estabilización en la temperatura de deshidratación y monitoreo del proceso del deshidratador. Se recomienda leer el manual de operación previo el manejo del deshidratador y se sugiere en el desarrollo de proyectos, tener una tendencia de uso a una misma marca de equipos, evitando posibles inconvenientes al momento de interactuar.

PALABRAS CLAVE: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <RECETAS INDUSTRIALES (RECIPE BATCH)>, <DESHIDRATADOR>, <MONITOREO>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)> <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <VARIADOR DE FRECUENCIA>.

SUMMARY

A control and monitoring system with industrial recipes (RECIPE-BATCH) was developed for a vegetable steam dehydrator machine at the Science College. The heuristic method was applied for its development. First, the necessary parameters for dehydration were determined by analyzing the construction design of the equipment. Then, the functioning of the dehydrator machine was reestablished and evaluated in its technical status so that it could be repaired. The design of the control and monitoring system implementation contained the configuration and programming of the following: the Program Logic Control (PLC), Human Machine Interface (HMI), and a variable frequency drive; moreover, it was necessary to implement the communication via Ethernet between HMI and PLC. As the last step the technique called RECIPE-BATCH was used within HMI. As a consequence, the implementation of the control and monitoring system through RECIPE-BATCH reduced the dehydration time by 30 minutes. As a conclusion, the efficacy of the dehydration process before and after the implementation of the control and monitoring system increased by 6.66% due to the reduction of time in the process. This was accomplished since the dehydration temperature was stabilized and the dehydrator machine process was monitored. It is recommended to read the operator's handbook before using the dehydrator machine, and when used in projects, it is suggested to use the same brand of machines and equipment to avoid interacting inconveniences.

Key words: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <AUTOMATIC CONTRIL>, <RECIPE BATCH>, <DEHYDRATOR MACHINE>, <MONITORING>, <PROGRAM LOGIC CONTROL (PLC)>, < HUMAN MACHINE INTERFACE (HMI)>, < VARIABLE FREQUENCY DRIVE

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

Considerando la importancia de la conservación de alimentos, la deshidratación natural es el método más antiguo y ampliamente usado, con el uso de la radiación directa solar se obtienen eficiencia, sin embargo los factores climatológicos y sanitarios no pueden ser controlados, es por esto que mediante de la deshidratación artificial se puede controlar dichos factores, además de mejorar la calidad y tiempo del proceso, conservando mejor sus componentes nutricionales.

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, en el Laboratorio de Procesos Industriales, existe un deshidratador tipo túnel usado para la deshidratación de maíz, el cual va a ser controlado y monitoreado para la deshidratación de vegetales mediante el uso de la técnica RECIPÉ - BATCH.

El deshidratador a vapor presenta las siguientes características físicas de diseño de construcción: una estructura paralelepípedo rectangular de 3,00 m de largo por 0,45m de ancho y 0,50 de alto, con un recubrimiento exterior de aluminio e interior de MDF, el recubrimiento mencionado evita la pérdida de calor y alberga un sistema de distribución de calor mediante tuberías galvanizadas, mediante este sistema se da la deshidratación de los vegetales a ser expuestos al calor con la ayuda de la banda transportadora instalada en el interior del equipo. (Aucancela C, Chavez E, 2009, p. 95)

Observamos que este deshidratador a vapor no se encuentra en operación debido a diferentes factores, que previo a la implementación del sistema de control y monitoreo serán identificados y resueltos, pudiendo encontrarse estos en: el sistema a vapor, el sistema de transmisión, sistema eléctrico y actuadores.

En el año 2009, Carlos Efraín Aucancela Guacho y Enma Natali Chavez Cordova presentan su tesis “Diseño y Construcción de un Secador de Túnel para la Deshidratación del Maíz”, previa la obtención del título de Ingeniero Químico, su trabajo se enfoca en el diseño y la construcción de un secador de Túnel para maíz.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se incrementará el nivel de uso del deshidratador a vapor de vegetales después de la implementación del sistema de control y monitoreo mediante la técnica de RECIPE – BATCH en la Facultad de Ciencias?

SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué tipo de vegetales podrán ser deshidratados?

¿Cuáles serán los parámetros necesarios a tomar en cuenta para la deshidratación de los vegetales?

¿Cómo se realizará la revisión y arreglo del sistema eléctrico, mecánico y del sistema a vapor?

¿De qué manera se realizara la implementación del sistema de control y monitoreo mediante la técnica de RECIPE-BATCH para el deshidratador a vapor de vegetales?

¿Cuáles serán las ventajas de la implementación del sistema de control y monitoreo mediante la técnica de técnica RECIPE – BATCH para el deshidratador a vapor de vegetales?

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

En el deshidratador tipo túnel, el vapor proviene desde el caldero, el cual es conducido y distribuido mediante tuberías galvanizadas hacia la parte interna del deshidratador, la cámara de deshidratación es formada por la cámara de aeración y la banda transportadora, la transmisión de calor hacia la cámara de aeración se da por radiación desde las tuberías hacia las paredes que forman la cámara, dicha radiación se facilita mediante el uso de serpentines; el paso y la exposición al calor del producto a ser deshidratado se lo realizará mediante la banda transportadora ubicada por debajo de la cámara de aeración.

La calidad del producto final depende en gran medida de variables como temperatura, tiempo de exposición al calor, adecuada distribución de la temperatura y las características de los vegetales a ser deshidratados.

Este trabajo de titulación busca desarrollar un sistema de control y monitoreo mediante RECIPÉ - BATCH para el deshidratador de vegetales a vapor en la Facultad de Ciencias, de esta manera se reactivará el equipo y se aumentará el porcentaje de uso del equipo debido a que se podrán deshidratar mayor clase de productos.

La utilización de la técnica RECIPÉ-BATCH industrial con la ayuda del HMI, ayudará a evitar la complejidad del control en el proceso de deshidratación del producto, puesto que cuando se usa una programación única en el PLC, se deberá tener un conocimiento más amplio del proceso previo a la utilización del deshidratador y la información obtenida de parámetros ideales de deshidratación se podrían perder, en cambio con el uso de la técnica mencionada podremos facilitar el manejo del deshidratador y dar efectividad al proceso de deshidratación.

Dentro del desarrollo de este trabajo de titulación se empleará principalmente un HMI y un PLC, este último hace referencia a un Controlador Lógico Programable por sus siglas en inglés y es ampliamente utilizado en los procesos industriales, un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoge datos provenientes de las fuentes de entrada sean éstas analógicas o digitales para el manejo de actuadores conectados a sus salidas.
- Es capaz de tomar decisiones en base a condiciones programadas.
- Genera ciclos de trabajo.
- Realiza cálculos matemáticos.
- Actúa sobre los dispositivos externos a través de sus salidas digitales o analógicas.

El HMI se utilizará para la el desarrollo de la técnica RECIPÉ - BATCH industriales y el monitoreo del proceso, siendo su principal función la interacción entre hombre y máquina.

El variador de frecuencia permitirá controlar el motor trifásico, sustituyendo el uso original del reóstato, y ampliando funciones como el cambio de giro y control desde el PLC, este motor controlado proporcionará la transmisión de torque, hacia la banda transportadora ubicada en el interior del deshidratador.

JUSTIFICACIÓN APLICATIVA

La importancia del desarrollo del sistema de control y monitoreo mediante la técnica RECIPÉ – BATCH, para un deshidratador a vapor de vegetales, en la Facultad de Ciencias – Laboratorio de Procesos Industriales, radica en el aumento de efectividad en la deshidratación, además se dará diversidad en los productos que pueden ser deshidratados sin necesidad de cambios en la programación, gracias a la técnica RÉCIPÉ-BATCH industrial.

El estado actual del deshidratador a vapor deberá ser evaluado, puesto que tenemos el antecedente que este equipo está en desuso y se desconoce las posibles fallas a existir en el sistema de distribución a vapor, sistema eléctrico y sistema mecánico.

Se tomará en cuenta normas en la implementación del sistema de control y monitoreo y en instalación eléctrica, proporcionando así un trabajo apto y seguro para los operarios.

El control y monitoreo de este equipo facilitará el manejo y brindará mayor efectividad en el procesos de deshidratación obteniendo así un producto que pueda ser usado en procesos subsecuentes, para lo cual se utilizará un Controlador Lógico Programable (PLC) que servirá para el manejo de entradas/salidas del sistema y toma de decisiones en base a criterios programados.

El HMI se empleará en la creación de RECIPÉ-BATCH para la deshidratación de vegetales, además permitirá el seteo de los parámetros, manifestando una interfaz amigable para el monitoreo del proceso.

El variador de frecuencia será usado en el sistema transmisión, el cual estará conformado por: un motor que proporcionará el torque necesario para el movimiento, una banda de transmisión, una banda transportadora de la cual dependiendo de los parámetros de deshidratación de los sateados será su movimiento.

Se realizará una instalación adecuada del sistema de: distribución a vapor, eléctrico y mecánico con la finalidad de proceder a la implementación del sistema de control y monitoreo mediante RECIPÉ – BATCH y garantizar la seguridad del operario.

Dentro del proceso de deshidratación habrá diferentes fases entre estas, la fase de calentamiento que consiste en paso del vapor que proviene del caldero, esta fase tendrá un tiempo determinado hasta que se obtenga o llegue a la temperatura adecuada, para la deshidratación a realizar. El paso de vapor está dado por una electroválvula.

La fase de selección se dará mediante la interfaz del HMI el cual recibirá los datos ingresados por el operario y determinará las señales que serán receptadas por el PLC.

La fase de deshidratación consiste en entregar las señales provenientes del HMI a las entradas del PLC para que sus salidas activen a los actuadores, proporcionando así al vegetal los parámetros adecuados para que se proceda a su deshidratación. Esta fase estará controlado por sensores de temperatura (PT100) se realizará las mediciones de temperatura necesarias para el control de deshidratación.

En la siguiente figura se muestra como será implementado el sistema de control y monitoreo mediante Recipie Batch en el deshidratador tipo túnel.

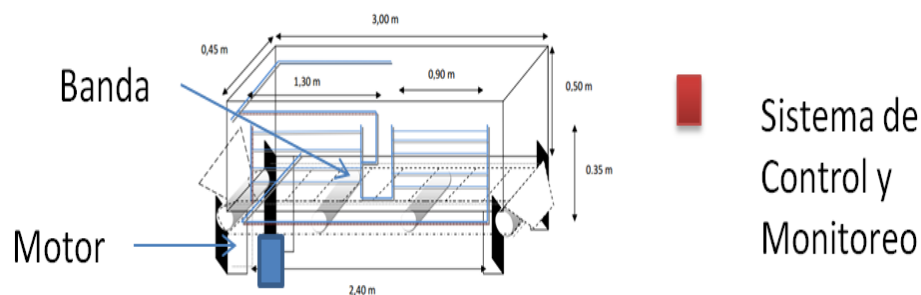


Diagrama Deshidratador tipo Túnel

Fuente: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/247/1/96T00114.pdf>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un sistema de control y monitoreo mediante RECIPE - BATCH para un deshidratador a vapor de vegetales en la Facultad de Ciencias.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Seleccionar los parámetros necesarios para que los vegetales seleccionados puedan ser deshidratados.
- Restablecer el funcionamiento del deshidratador a vapor en Facultad de Ciencias - Laboratorio de Procesos Industriales.
- Implementar el sistema de control y monitoreo mediante RECIPE-BATCH industriales, para el deshidratador de vegetales a vapor.
- Verificar el adecuado funcionamiento del sistema de control y monitoreo mediante RECIPE-BATCH, para un deshidratador a vapor de vegetales.

CAPITULO I

1 MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

En este capítulo se detalla toda la información necesaria para el desarrollo de un sistema de control y monitoreo mediante RECIPÉ-BATCH de un deshidratador de vegetales.

1.1 Deshidratación

La deshidratación es un método utilizado para la conservación de vegetales, donde el agua es extraída, para prevenir la acumulación de microorganismos, deterioro y putrefacción; En la figura 1-1 se pueden observar algunos vegetales deshidratados. Antiguamente cualquier vegetal se deshidratava con la ayuda del Secado Solar pero las condiciones sanitarias eran deplorables hoy en día existe el secado artificial, cabe recalcar que es un proceso costoso pero se obtiene una deshidratación de mejor calidad.



Figura 1 - 1 Vegetales Deshidratados
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Mediante el proceso de deshidratación artificial los vegetales no pierden de sus componentes nutricionales, mantienen su sabor original y no necesitan ser refrigerados, el objetivo es prolongar la vida de los vegetales para ello se debe reducir el contenido de humedad en un rango del 9% al 4%. (Desrosier, 1964, p.188).

1.1.1 Tipos de Secadores

El tipo de secador se selecciona dependiendo de: los productos que van a ser deshidratados, economía y condiciones de operación, en la tabla 1-1 se observa varios tipos de secadores.

Tabla 1 - 1 Tipos de Secadores

| | | | | | |
|---|---|------------------------------|---|--|--|
| Secadores | Método de transmisión de calor a los sólidos húmedos | Secadores directos | Secador de bandejas | | |
| | | | Secadores de material dosificado en capas | | |
| | | | Secadores transportador neumático | | |
| | | | Secadores rotatorios | | |
| | | | Secador por aspersión | | |
| | | | Secadores de circulación directa | | |
| | | | Secador de Túnel | | |
| | | | Secadores de lechos fluidos | | |
| | | | Secador de Espray o atomizador | | |
| | | Secadores directos por lotes | Secadores de circulación directa | | |
| | | | Secadores de bandeja y compartimiento | | |
| | | | Secadores de lecho fluido | | |
| | | Secadores indirectos | Secadores Continuos | Secadores de cilindro para hojas continuas | |
| | | | | Secadores de tambor | |
| | Secadores de transportador de tornillos | | | | |
| | Secadores rotatorios de tubos de vapor | | | | |
| | Secadores de bandejas vibradoras | | | | |
| | Tipos especiales | | | | |
| | Secadores por lotes | | Secadores de artesas agitadas | | |
| | | Secadores por congelación | | | |
| Secadores rotatorios al vacío | | | | | |
| Secadores de bandejas al vacío | | | | | |
| Secadores diversos | Secadores dieléctricos | | | | |
| | Secadores solares | | | | |
| | Secadores Infrarrojos | | | | |
| Según las características de manejo y propiedades físicas del material mojado | Secadores discontinuos o por lote | | | | |
| | Secadores continuos | | | | |
| | Secadores para sólidos granulares o rígidos y pastas semi-sólidas | | | | |

Fuente: <https://emiunefmzp.files.wordpress.com/2010/10/secadores-mio32.doc>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para nuestra investigación utilizaremos el secador tipo túnel.

1.1.2 Métodos de deshidratación más utilizados para alimentos

Los métodos de deshidratación se clasifican según: el modo de transmisión de calor, la presión del proceso y el tipo de producto a ser deshidratado; en la tabla 2-1 se presenta la clasificación de los métodos de deshidratación según el modo de transferencia de calor así como los equipos más utilizados para alimentos.

Tabla 2 - 1 Clasificación de los Métodos de Deshidratación.

| Métodos de deshidratación | | Equipos de deshidratación | Tipos de productos |
|---------------------------|-------------------|----------------------------|--|
| Por aire (Convección) | En cama o banda | Deshidratador de charolas | Sólidos en menor proporción, fluidos con alta viscosidad o sólidos en suspensión, hortalizas y frutas. |
| | | Deshidratador de bandejas | |
| | | Deshidratador de Túnel | |
| | De partículas | Deshidratador por | Fluidos con pequeños y pocos sólidos en suspensión. |
| | | Deshidratador por | |
| | | Deshidratador | Sólidos de pequeño tamaño granulados. |
| | | Deshidratador de lecho | |
| | Por conducción | Deshidratador de tambor | Leche, jugos de hortalizas, plátanos y fluidos muy viscosos (pastas). |
| Por radiación | Deshidratador por | Cualquier tipo de alimento | |
| | Deshidratador | Cualquier tipo de alimento | |
| | Deshidratador por | Cualquier tipo de alimento | |
| Por congelación | Liofilizado | Carnes | |

Fuente: Colina M , 2010, p.32

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para nuestra investigación utilizaremos el método de deshidratación por aire o convección en un secador tipo túnel.

1.1.3 Secador tipo túnel

Este tipo de secadores se utiliza para la deshidratación de frutas y hortalizas, en el momento de deshidratar un vegetal el movimiento del aire puede ser en la misma dirección o contracorriente al movimiento del vegetal a ser deshidratado, con el fluido en la misma dirección aprovecha la alta velocidad inicial donde el aire más caliente se pone en contacto con el vegetal más húmedo y en la salida el aire se vuelve más frío por lo que el vegetal no puede salir suficientemente seco, mientras que con el aire en contracorriente, entra primero en contacto con el vegetal más seco y a la salida se obtiene un vegetal muy seco.

En la figura 2-1 se visualiza como trabaja la entrada de calor como la salida del mismo.

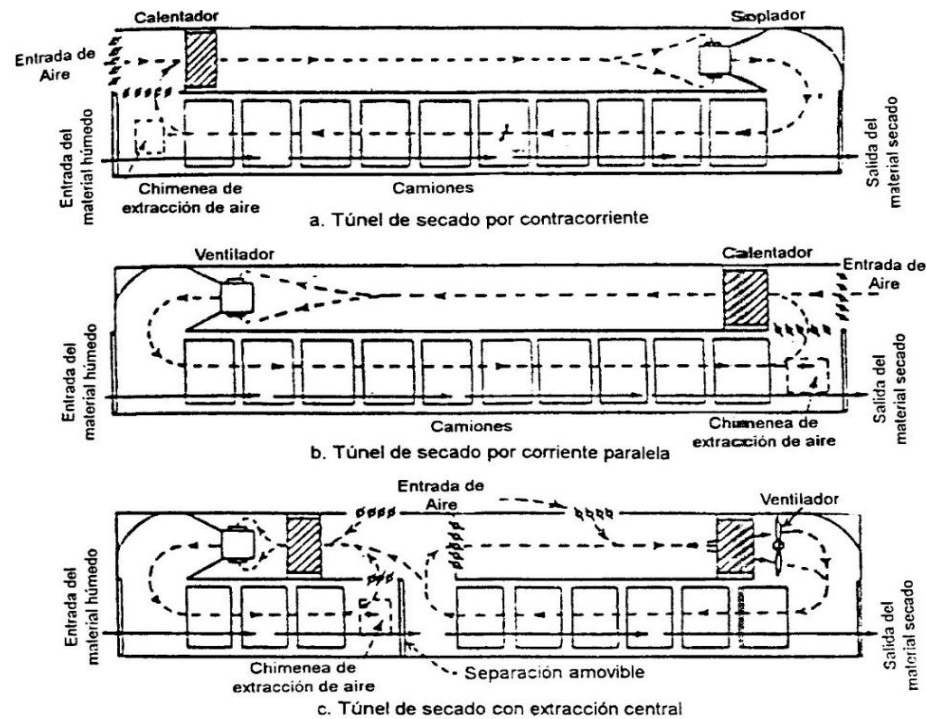


Figura 2 - 1 Secador Túnel

Fuente: <http://datateca.unad.edu.co/contenidos/211618/EXELARNING/image213.jpg>

1.1.4 Ventajas de la deshidratación

La deshidratación de los alimentos brinda varias ventajas las cuales son: (Desrosier, 1964, p.158).

- Se obtiene el grado de humedad que exige la comercialización.
- Conservan los componentes como nutrientes y proteínas.
- Se controlan las condiciones sanitarias.
- El tiempo de deshidratación es más corto.
- No requieren de conservantes.
- No necesitan ser refrigeradas.
- El sabor de los productos deshidratados es más intenso.
- El tiempo de conservación se alarga.
- Se facilita transportarlos y almacenarlos.
- El costo de empaque, transporte, distribución y almacenamiento es reducido.
- Los productos deshidratados son de gran calidad.

- Se produce una disminución sustancial del peso y volumen.

1.2 Transferecia de Calor

Cuando existe una diferencia de temperaturas entre dos materiales se produce la transferencia de calor, es decir la temperatura alta transmite energía a la zona de temperatura baja de otro material, el calor se puede transmitir de tres maneras:

Conducción: Se transfiere energía de un cuerpo a otro cuando estos poseen un contacto directo y tiene gran importancia en sólidos.

Convección: Por medio del movimiento físico de moléculas se transfiere energía de un cuerpo con mayor temperatura a otro cuerpo con menor temperatura con el fin de equilibrar la temperatura y tiene importancia en fluidos.

Radiación: En forma de ondas electromagnéticas transporta energía a través de un fluido o del vacío.

1.3 Vapor

El vapor obtenido de la caldera es uno de los elementos principales para la deshidratación de alimentos ya que si no hay un aumento de temperatura ideal el proceso será deficiente. El vapor utilizado por el deshidratador se obtiene mediante el proceso de combustión de GLP, el cual genera vapor saturado a partir de agua tratada, esto se da en la parte interna de la caldera existiendo incrementos de temperatura y presión.

Para convertir el agua en vapor saturado, es necesario llegar a una temperatura de 341.27 F y una presión de 105.3 psi. (Aucancela C, Chavez E, 2009, p. 25)

Una adecuada generación de vapor convierte el agua en vapor saturado, dicho vapor saturado pasa por la tubería con el fin de lograr el aumento adecuado de temperatura.

1.4 RECIPE-BATCH (receta por lotes)

Un RECIPE-BATCH (receta por lotes), está formado por una secuencia de pasos o parámetros de un proceso, en donde la diferencia de los parámetros como: proporciones, velocidades, tiempos o temperaturas de dos o más procesos similares, da la fiabilidad o calidad del producto en el resultado final. En las pantallas HMI se puede aplicar un RECIPE-BATCH permitiendo la calibración de la máquina o iniciar el proceso seleccionando del producto con solo apretar un botón.

Existen empresas en países desarrollados dedicados a dar el servicio de asesoramiento para la creación de RECIPÉ-BATCH, para lo cual deberán manejar conocimientos de procesos tanto de la parte química como de control del mismo.

1.5 Sistema Electrónico

Un sistema electrónico está conformado por tres tipos de dispositivos: entrada, proceso y salida, la función de este conjunto de dispositivos es interactuar entre sí para obtener un resultado. (Bustos, 2008, <http://mecatroncabustos.blogspot.com/2008/09/sistemas-electronicos-para-mecatronica.html>).

1.5.1 Dispositivos de Entrada

Son elementos eléctricos o electrónicos como: interruptores de maniobra, interruptores automáticos y sensores, por medio de los cuales los circuitos reciben órdenes para actuar.

1.5.2 Dispositivos de Proceso

Son aquellos dispositivos como: resistencias, condensadores, diodos, transistores y amplificadores, que realizan las operaciones necesarias para que trabajen los actuadores.

1.5.3 Dispositivos de Salida

Son dispositivos como: diodos led, zumbadores y relés, los cuales son encargados de realizar la acción final del proceso.

1.6 Sistemas de Control

El control automático en la actualidad desempeña un papel primordial según avanza la tecnología, es fundamental en los sistemas que necesitan controlar, presión, tiempo, temperatura, humedad, flujo etc.

“El control moderno se basa en el análisis del dominio temporal de los sistemas de ecuaciones diferenciales, simplificando el diseño de los sistemas de control porque se basa en un modelo del sistema real que se puede llegar a controlar.” (Ogata, 2010, p.1).

En la figura 3-1 se muestra el diagrama de bloques de un sistema de control para cualquier tipo de variable a ser controlada en una planta.



Figura 3 - 1 Diagramas de Bloques de un Sistema de Control

Fuente: http://www.infoagroisp.com/infoagro/riego/images/control_riego_figura5.gif

Al realizar un sistema de control para un proceso se debe conocer la definición de los siguientes términos

Planta: Es un conjunto de elementos de una máquina o parte de un equipo que al trabajar funcionan juntos.

Proceso: Es una operación continua que sigue varios pasos el cual conduce a un propósito o resultado determinado.

Sistema: Se define a un sistema como la actuación de varios componentes los cuales se combinan para alcanzar un objetivo.

Perturbación: Son señales negativas internas o externas que afectan el valor de la salida del sistema

1.6.1 Sistema de Control en Lazo Abierto

“El control en lazo abierto de los sistemas es donde su salida no se mide tampoco se realimenta para compararla con la entrada, razón por la cual la salida de estos sistemas no tienen efectos sobre la acción de control.” (Ogata, 2010, p.8).

Se muestra en la figura 4-1 el diagrama de bloques de un proceso de sistema de control en lazo abierto.

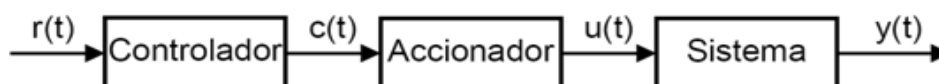


Figura 4 - 1 Diagrama de Bloques de un proceso en Lazo Abierto

Fuente: http://www.picuiuno.com/_images/img-0052.png

1.6.2 Sistema de Control en Lazo Cerrado

“En estos sistemas se logra reducir el error ya que el controlador se alimenta con la señal de error la cual es la diferencia de la señal de realimentación y la señal de entrada con el propósito obtener una salida sistema con un valor deseado.”(Ogata, 2010, p.7).

Se observa en la figura 5-1 el diagrama de bloques de un proceso de sistemas de control en lazo cerrado.

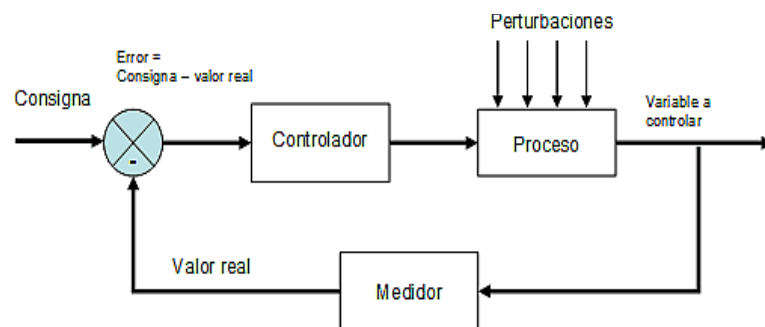


Figura 5 - 1 Diagrama de Bloques de un proceso en Lazo Cerrado

Fuente: <http://tecingenieriaclassico.blogspot.com/p/1.html>

1.7 Automatización Industrial

La automatización industrial tiene varios objetivos como: reducir el costo de la mano de obra, disminuir el tiempo de operación, aumentar la cantidad y calidad del proceso; para una automatización industrial adecuada se aplica varios tipos de tecnologías y sistemas de control los cuales controlan y monitorean el proceso de forma autónoma.

La automatización de los procesos industriales es uno de los objetivos principales de una empresa en la incansable tarea de siempre estar en competitividad en el entorno de trabajo que se vuelve cada vez más cambiante y agresivo con los avances tecnológicos en el área automática. (García, 2001, p 18).

1.8 Controlador Lógico Programable (PLC)

El Controlador Lógico Programable (PLC) es un dispositivo electrónico de control más utilizado en operaciones de manufactura en las grandes y pequeñas industrias, sus fabricantes ofertan gran variedad de modelos diferentes.

El PLC gracias a los avances tecnológicos es capaz de realizar operaciones matemáticas, controlar y regular procesos industriales tales como temperatura, precisión y velocidades de motores eléctricos trifásicos o monofásicos a través de entradas/salidas analógicas o digitales.

En la actualidad los PLCs se comunican entre sí, operando de manera secuencial, es decir una vez finalizado un proceso comenzará a ejecutarse su primera instrucción.

1.8.1 Partes de un PLC

Un controlador lógico programable tiene las siguientes partes: (Wildi, 2007, pp. 881-882).

Unidad central de procesamiento (CPU): Es el cerebro del PLC compuesto de uno o varios microprocesadores.

Módulo de entrada: Es la interfaz que comunica a los dispositivos de control y la unidad central de procesamiento.

Módulo de salida: Es la interfaz que comunica a los dispositivos que están siendo controlados y la unidad central de procesamiento.

Unidad de programación: Sirve como herramienta para verificar y diagnosticar al PLC y guardar los programas en discos, permite al usuario observar el estado de los módulos de entrada/salida, cambiar ciertos parámetros, está integrada por un teclado y un monitor para programar al CPU.

Fuentes de poder: Suministra la energía necesaria para el funcionamiento del CPU, los módulos de entrada/ salida y la unidad de programación.

1.8.2 Funciones de un PLC

Detección: Lectura de señales analógicas o digitales que reconocerá el PLC.

Mando: Realizar y llevar las acciones al sistema por medio los accionadores y preaccionadores.

Interfaz hombre máquina: Sostener un diálogo entre el monitoreo que va dando el PLC y el operario del proceso.

Programación: Introduce, realiza y deja modificar el programa de aplicación del autómata, incluso estando este controlando la máquina.

Redes de comunicación: Establecen la comunicación e intercambio de datos entre los autómatas en tiempo real y algunas partes de control.

Sistemas de supervisión: Permite la comunicación de autómatas con los ordenadores de programas.

Control de procesos continuos: Controlan los sistemas de eventos, el control de procesos continuos, tienen módulos de entrada, salida analógicas y pueden ejecutar reguladores PID.

Entradas- Salidas distribuidas: No deben estar en el armario del autómata, estas se comunican con la unidad central del autómata.

Buses de campo: Transmiten información y consulta constantemente el estado de los captadores y restablece el estado de accionadores.

1.8.3 Pasos para seleccionar un PLC

En la actualidad hay una variedad de PLCs para elegir el correcto debemos poner en práctica los siguientes pasos: (INFO PLC, 2014, <http://www.infoplc.net/blogs-automatizacion/item/101501-10-aspectos-para-elegir-automata-plc>).

Entradas / Salidas (E/S): Debemos tener en cuenta el número de entradas y salidas que utilizaremos en nuestro proyecto y si estas serán digitales o analógicas, cada fabricante tiene diferentes tipos de PLCs, la marca nos permite definir que rango deseamos, cabe recalcar que es aconsejable dimensionar tanto entradas como salidas.

Capacidad de Programa y Memoria: Cuando un PLC tiene mayor cantidad entradas/salidas mayor es la capacidad de programación y memoria de almacenamiento.

Comunicaciones: Existe varias formas que un PLC se comunique y trabaje con otros dispositivos, de acuerdo a cada fabricante existen varios estándares del puerto de comunicación serial como los siguientes:

RS-485

RS-422

RS-232

Ethernet

El protocolo de comunicación es el que permite que los datos sean transmitidos y codificados, los cuales son:

Bus CAN

Device NET

Ethernet I/P

Modbus

Profibus

Escalabilidad: De acuerdo a lo que deseamos lograr con nuestro proyecto debemos ajustar el rango y la potencia del PLC, para lograr la escalabilidad se trabaja con aplicaciones sencillas hasta súper complejas.

Control: La automatización va de la mano con los sistemas de control ya sean estos:

- Control por pulsos - Casi todos los PLCs incorporan E/S de pulsos para el control de sensores, servomotores, etc.

- Controladores Motion - Son aquellos PLCs que pueden controlar a servos mediante una tarjeta especial.

Software: El software es fundamental y algunas marcas de PLCs disponen de software de programación de manera gratuita.

Precio: El precio depende de sus características y la marca del PLCs que deseamos.

Servicio Técnico: Es necesario siempre contar con un servicio técnico para no cometer alguna imprudencia al momento de instalar y echar a perder al PLC.

1.8.4 PLC Twido TWDLCAA24DRF Schneider Electric.

Se escogió el PLC Twido TWDLCAA24DRF que se muestra en la figura 6-1, tiene integrada una fuente de alimentación, se puede colocar hasta 4 módulos de ampliación que dependiendo de las características de los mismos, se pueden alcanzar hasta 152 E/S, posee un software de programación con una interfaz amigable para el usuario.



Figura 6 - 1 PLC Twido TWDLCAA24DRF
Realizado por: MOYOTA ,B; GUILCAPI , L, 2017

A continuación en la tabla 3-1, se detalla sus especificaciones del PLC:

Tabla 3 - 1 Especificaciones Generales del PLC TWIDO TWDLCAA24DRF

| ÍTEM | ESPECIFICACIÓN |
|----------------------------------|-------------------|
| Serie del Fabricante | TWD LC |
| Tensión de Alimentación | 100 → 240 Vca |
| Tipo de Salida | Relé |
| Número de Salidas | 10 |
| Número de Entradas | 14 |
| Tipo de Entrada | Disipación/fuente |
| Display Incluido | Sí |
| Para Uso con | Serie Twido |
| Tipo de Puerto de Comunicación | RS485 |
| Ampliación disponible | Sí |
| Corriente de Salida | 2 A |
| Tipo de Montaje | Carril DIN, panel |
| Tiempo de escaneo | 1 μs |
| Idioma de Programación Utilizado | Ladder Logic |

| | |
|-----------------------------------|--|
| Modo de Funcionamiento | Ejecutar |
| Capacidad del Programa | 3.000 instrucciones |
| Tasa Máxima de Baudios | 38,4 kb it / s |
| Anchura | 95mm |
| Número de Puertos de Comunicación | 1 |
| Memoria Total Disponible | 3.000 instrucciones |
| Temperatura de Funcionamiento | +50°C |
| Profundidad | 70mm |
| Temperatura de Funcionamiento | 0°C |
| Interfaz de Programación | Interfaz Hombre Máquina (HMI), Ordenador |
| Dibujo CAD | Modelo CAD 3D |
| Longitud | 90mm |

Fuente: http://www.equiposdidacticos.com/pdf/catalogos/Manual_Twido.pdf
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.8.5 Software de Programación TwidoSuite

El software de programación TwidoSuite fue desarrollado para el sistema operativo de Windows utilizando una interface estándar, trabaja desde la versión Microsoft Windows 98 (segunda edición), Windows 2000 o Windows XP; TwidoSuite nos ayuda a gestionar, crear y configurar las aplicaciones de los PLC Twido, su programación se la puede realizar en lenguaje Ladder o Lista de Instrucciones.

Se observa en la figura 7-1 el Software de Programación Twido Suite.

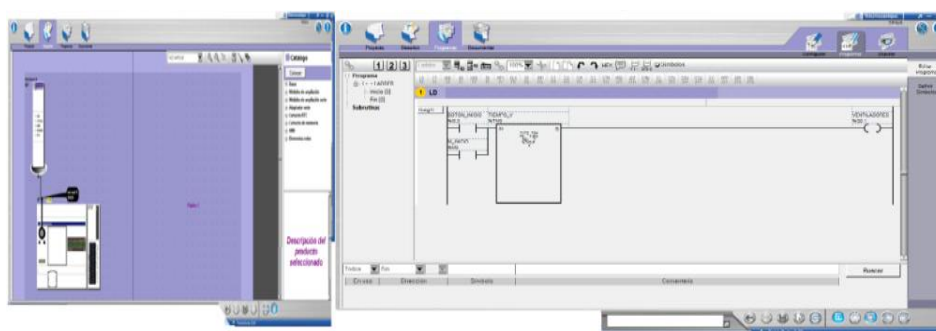


Figura 7 - 1 Software de Programación Twido Suite
Realizado por: MOYOTA , Byron; GUILCAPI , Lidia, 2017

A continuación mencionamos algunas características y funciones del software de programación Twido Suite. (Schneider Electric, 2015, <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/ci/cap6.pdf>).

1.8.5.1 Características

- Navegador de la aplicación con visualización a través de ventanas múltiples.
- Editores para las principales funciones de programación
- Editores para las principales funciones de configuración.
- Funciones cortar, copiar y pegar.
- Programación simbólica.
- Gestión de referencias cruzadas.
- Duplicación de programas de aplicación.

1.8.5.2 Funciones

- Instalación de programas.
- Des-instalación de programas.
- Grabación de programas en los módulos opcionales de memoria EEPROM.
- Control de la memoria que utiliza la aplicación.
- Diagnóstico del funcionamiento del autómata programable.
- Animación en tiempo real de los elementos del programa y/o datos.

1.8.6 Lenguaje de Programación del PLC

El lenguaje de programación es un conjunto de símbolos, mandatos e instrucciones perceptible para el PLC y permite al usuario desarrollar e ingresar un programa en la memoria del PLC para que este ejecute la secuencia de control que sea requerida.

Los lenguajes de programación más utilizados son:







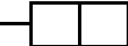
1.8.6.1 GRAFCET

El GRAFCET (Gráfica de control de etapas de transición), es un diagrama funcional normalizado, con el cual se realiza modelos para automatizar cualquier proceso, el esquema se

realiza con entradas, acciones que se vaya a realizar, y los procesos intermedios que provoquen dichas acciones. (Allauca D, Cevallos J, 2013, p.106).

En la tabla 4-1 se visualiza los elementos que posee GRAFCET

Tabla 4 - 1 Elementos de un GRAFCET de Programación

| NOMBRE | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
|-----------------------------------|---|---|
| Eta pa Inicial |  | El momento que el aut o mata se pone en RUN se inicia el graf ce t es decir se activa la etapa inicial, cabe recalcar que puede haber como m in imo una etapa inicial. |
| Eta pa |  | Su funci o n es de realizar una acci o n o esperar cuando esta sea activada. |
| Uni o n |  | Por medio de este elemento se unen la etapas para que realicen un acci o n o una espera. |
| Transici o n |  | Se encarga de desactivar la etapa en curso para que la siguiente etapa se active. |
| Direcc io namiento |  | Seg u n las condiciones que se est e utilizando indica la activaci o n de una o varias etapas en funcionamiento. |
| Proceso simult an eo |  | Permite observar que etapas est a n activadas o desactivadas al mismo tiempo. |
| Acciones asociadas |  | Indica que se ejecuta la acci o n cuando se activa su etapa. |

Fuente: <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/3259>

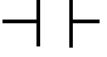



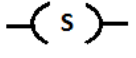
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.8.6.2 LADDER

Se lo conoce tambien lenguaje de contactos o de escalera, la programacion de este lenguaje de programacion grafico es muy facil porque se basa en esquemas electricos de control clasicos y el uso de los simbolos por el fabricante se encuentra normalizados segun las normas NEMA.

A continuación en la tabla 5-1 presentamos los elementos básicos para programar un PLC con lenguaje de programación LADDER.

Tabla 5 - 1 Elementos de Programación

| NOMBRE | SÍMBOLO | DESCRIPCIÓN |
|-------------|---|---|
| Contacto NA |  | En este elemento, el instante que exista un uno lógico se activará. |
| Contacto NC |  | Se activa cuando posee un cero lógico. |
| Bobina NA |  | Actúa como variables, representa elementos de salida y cuando en la combinación de su entrada izquierda exista un uno lógico se activa. |
| Bobina NC |  | En el momento que exista un cero lógico en la combinación de su entrada izquierda se activa. |
| Bobina SET |  | En la programación brinda un alto nivel de potencia cuando trabaja junta con la bobina Reset, además memoriza bits y una vez activada no se puede desactivar a menos que se lo realice con la bobina Reset. |

Fuente: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3259>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.9 Módulo TwidoPort 499 TWD 01100

El módulo TwidoPort 499 TWD 01100 es una pasarela entre la red Modbus y la red Ethernet cuando se le conecta al puerto RS485 del PLC TWIDO, es muy fácil de utilizar, permite al PLC Twido ya sea compacto o modular comunicarse por medio de la red Ethernet como dispositivo esclavo, además este módulo trabaja sin ningún inconveniente en cualquier versión del Software Twido Suite.

En la figura 8-1 visualizamos al módulo TWIDOPORT 499 TWD 01100



Figura 8 - 1 Módulo TWIDOPORT 499 TWD 01100
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Las principales características del módulo TwidoPort son las siguientes: (Schneider Electric, s.f <http://www.schneider-electric.com.ar/es/faqs/FA141976/>).

- Conectado al puerto RS485 del PLC Twido, no se necesita ninguna alimentación auxiliar.
- Detección automática de la configuración del enlace serie.
- Proporciona las estadísticas de Ethernet por sesión Telnet.
- Interface Ethernet.
- Twido (modo normal).
- Configuración Ethernet.

1.10 Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT

Es un módulo de expansión de dos entradas y una salida analógica para los autómatas programables Twido, se puede conectar sensores como termo resistencias y termocuplas, nosotros conectamos dos sensores Pt100.

El usuario define las cantidades de los límites mínimos y máximos que representara las variables como también debe elegir trabajar en grados Fahrenheit o Celsius.

En la figura 9-1 se observa un Módulo de entradas y salidas Analógicas TWDALM3LT.



Figura 9 - 1 Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 6-1 se visualiza las especificaciones del Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT.

Tabla 6 - 1 Especificaciones Módulo de E/S Analógicas TWDALM3LT

| ITEM | ESPECIFICACIÓN |
|---|--|
| Tensión de alimentación nominal | 24 Vcc |
| Rango de Tensión de Salida | 0 ... 10 Vcc |
| Rango de Corriente de Salida | 4 ... 20 mA |
| Impedancia de entrada | 1 MΩ mín. |
| Impedancia de carga | > 2 kΩ |
| Tipo de Carga de Aplicación | Termopar J,K,T, PT100 |
| Se usa con | Serie Twido |
| Tipo de Entrada | Analógica |
| Tipo de Salida | Analógica |
| Duración de Ajuste | 20 ms |
| Resistencia a ruidos: cable | Utilizar cable de par trenzado blindado |
| Selección del tipo de señal de salida analógica | Mediante el software de programación |
| Duración del muestreo | 50 ms como máximo. |
| Tiempo de repetición del muestreo | 50 ms como máximo. |
| Tiempo total de transferencia del sistema de entradas | 100 ms + 1 tiempo de ciclo |
| Tipo de protección | Foto acoplador entre la salida y el circuito interno |

Fuente: <http://eshop.schneider-electric.com/Download.aspx?infos=H377947.pdf%203>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.11 Interfaz Hombre - Máquina (HMI)

Interfaz Hombre Máquina (HMI), es un dispositivo electrónico, el cual mediante una pantalla táctil permite al operario manipular o controlar proceso, dando paso a la creación de una interfaz hombre-máquina, la cual debe satisfacer los requerimientos necesarios para cumplir un proceso industrial.

En la actualidad, los sistemas de HMI son muy completos y eficaces. Las señales del proceso son conducidas al HMI por medio de dispositivos como: tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLCs (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) y DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

(Saco, 2005, <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>).

1.11.1 Tipos de HMI

Existen dos tipos de HMI que están a nuestro alcance a continuación se definen cada uno de ellos.

- **Hardware:** Son dispositivos electrónicos diseñados para trabajar en ambientes agresivos, estos poseen pantallas táctiles, utilizados donde necesitan un programa para configurar el proceso, las cuales pueden ser manipuladas por el operario con gran facilidad.
- **PC + Software:** En un software y una computadora apropiada para el proyecto que deseemos realizar, se puede diseñar un HMI, con las mismas funciones que presenta un HMI de tipo hardware y mediante cualquier tipo de comunicación es capaz de trabajar con dispositivos externos.

Presentamos la estructura de un Interfaz Hombre Máquina (HMI) en la figura 10-1.

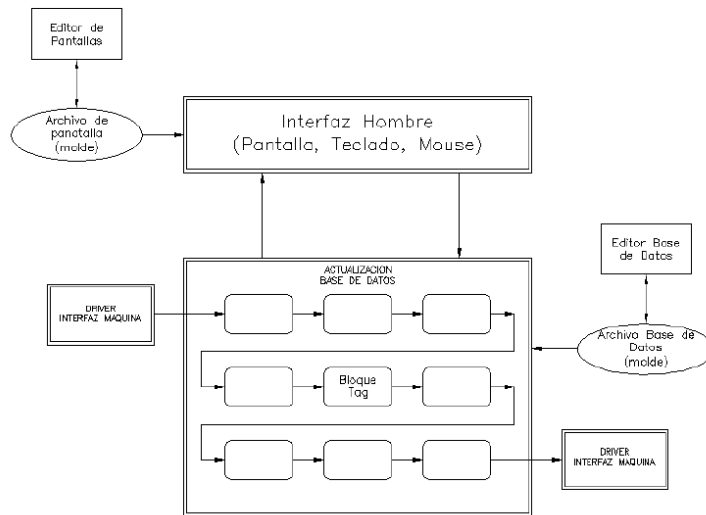


Figura 10 - 1 Estructura de un HMI

Fuente: <http://iaci.unq.edu.ar/>

1.11.2 Funciones de un HMI

Las principales funciones del HMI son:

- **Monitoreo:** Obtiene datos del proceso de la planta y visualiza los resultados en tiempo real, dichos datos deben estar en un lenguaje que entienda el operario.
- **Supervisión:** Por medio de esta función se da el monitoreo desde cualquier tipo de servidor que posea comunicación con el HMI, se puede ajustar las condiciones que requiera el proceso.
- **Alarmas:** Tiene la capacidad de identificar eventos que puedan afectar el proceso y reporta dichos eventos por medio de límites de control y monitoreo ya preestablecidos.
- **Control:** Se puede insertar algoritmos de acuerdo a la necesidad del proceso y que estén dentro de ciertos límites.
- **Históricos:** Según el número de repeticiones por unidad de tiempo muestrea y almacena datos adquiridos del proceso.

1.11.3 Tipos de HMI hardware:

Existen 5 tipos de dispositivos de Interfaz Hombre Máquina (HMI), los cuales son:

- **Push Button Panels:** Son aquellos que poseen pulsadores, selectores e indicadores luminosos.
- **Mobile Panels:** Están ubicados en plantas que necesitan obtener visualizaciones móviles de todo el proceso.
- **Micro Panels:** Son paneles pequeños que poseen pantallas LCD monocromáticas las cuales funciona con una interface sencilla en base a comandos.
- **Panels:** Dan información gráfica y dinámica de las variables de un sistema de control y monitoreo y sus paneles son táctiles o con botones.
- **Multi Panels:** Son utilizadas en sistemas de control y monitoreo, están integradas por varias pantallas y su función es manejar y controlar un proceso al mismo tiempo.

1.11.4 Pantalla Delta DOP- B03E211

En la figura 11-1 observamos la pantalla Interfaz Hombre Máquina (HMI), que utilizaremos en nuestro trabajo de titulación.



Figura 11 - 1 HMI DOP-B03E211

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 7-1 se puede ver las especificaciones de interfaz hombre-máquina (HMI).

Tabla 7- 1 Especificaciones pantalla táctil DOP – B03E211

| | | Descripción |
|----------------------------|------------------------------|---|
| Descripción de la pantalla | Modelo del Fabricante | DOP-B03E211 |
| | Tipo de Display | TFT LCD (65536 colores) |
| | Tamaño del Display | 4,3 pulg. |
| | Tamaño de la pantalla | 95,04 x 53,856 mm |
| | Resolución del Display | 480 x 272pixels |
| | Longitud | 129mm |
| | Profundidad | 39mm |
| | Dimensiones | 129 x 103 x 39 mm |
| | Anchura | 103mm |
| | Peso | Aprox. 264 g |
| | Retroiluminación | Sí |
| | Sistema Operativo | Delta en tiempo real del sistema operativo |
| | Color del Display | Color |
| Interfaz | USB | 1 USB host Ver 1.1 / 1 USB Client Ver 2.0 |
| | Puerto de Comunicaciones | COM 1= RS – 232/ RS – 485 |
| | Número de Puertos | 2 |
| | Tipo de Puerto | COM, Ethernet |
| Eléctrico | Tensión de Alimentación | 24 Vdc |
| | Corriente de Consumo | 300 mA |
| | Consumo de Energía | 2,64 W |
| | Salida del efecto del Sonido | Multi Tone Frequency (2K – 4K Hz) 85 dB |
| Memoria | MCU | 32- bit RISC micro controlador |
| | Flash ROM | Flash ROM 128 MB Sistema Operativo: 30 MB/ Backup: 16MB/ User application: 82 MB |
| | SDRAM | 64 Mb |
| | Backup Memoria | 16 Mb |
| | Memoria Integrada | 128 MB |
| Ambiente | Humedad Ambiental | 10% ~ 90% RH [0° ~ 40°C], 10% ~ 55% RH [41° ~ 50°C], Grado de contaminación 2 |
| | Temperatura de | 0°C |
| | Temperatura de | +50°C |
| | Índice de Protección IP | IP65 |

Fuente: <http://docseurope.electrocomponents.com/webdocs/127d0900766b8127df7a.pdf>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.11.5 Comunicación

Las pantallas Interfaz Hombre Máquina (HMI) DOP-B, poseen distintos puertos de comunicación con el objetivo de implementar diferentes redes. Dependiendo de la necesidad del usuario estas pantallas cuentan con puerto Ethernet/IP o Modbus incorporado.

A estas pantallas se los puede comunicar con el PLC de la misma marca o de diferente marca porque tienen variedad de licencias, con el fin de facilitar la comunicación entre los dispositivos.

Nosotros para establecer la comunicación entre el HMI y el PLC usaremos la comunicación Ethernet.

1.11.6 Software DOP Soft

La programación del HMI Delta DOP-B03E211 se realizó utilizando el software DOP Soft V2.2 como se puede apreciar en la figura 12-1.

Es un software gratuito, intuitivo y amigable, su interfaz gráfica tiene un nivel de versatilidad alto. Permite configurar la red de comunicación, se puede armar todas las páginas que sean necesarias y no hace falta estar conectado a la pantalla HMI porque su simulador nos permite el monitoreo del proceso según se va avanzando.

Entre la familia DVP de PLC y DOP Soft se puede hacer un puente para que los dispositivos establezcan una comunicación. Esta herramienta junto a los soft asociados, DOP e-Server y DOP e-Remote no permiten un control total de manera remota ya que DOP e-Remote posibilita monitorear y controlar nuestra HMI mediante la red Ethernet y DOP E Server actúa como servidor y monitorea de manera remota, distintos parámetros preestablecidos. (MiCRO, 2014, http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf).

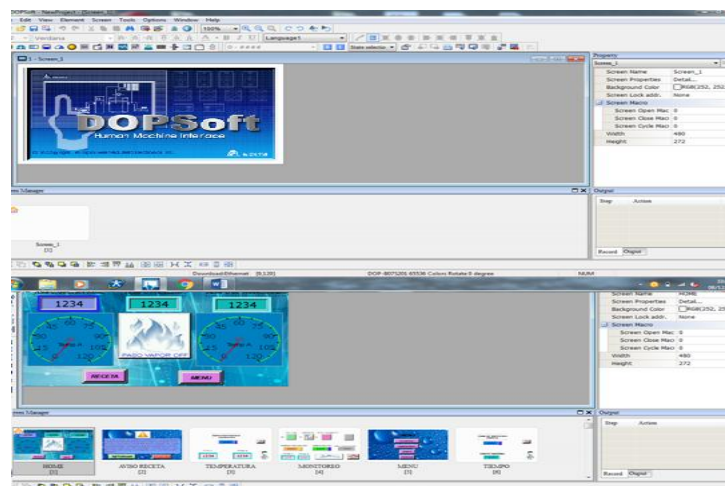


Figura 12 - 1 Software de Programación DOP Soft
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.12 Variador de Frecuencia

El variador de frecuencia es un dispositivo electrónico, que controla la velocidad y permite visualizar las variables de: tensión, RPM y frecuencia, arranques suaves, invierte el sentido de giro y limita la corriente de arranque de motores de corriente alterna.

En la antigüedad se asociaba un sistema de control con un motor de corriente continua para obtener un motor que varié su velocidad pero la construcción y el mantenimiento tenían costos elevados.

1.12.1 Principio de Funcionamiento

"La tensión que alimenta al Variador de Frecuencia puede ser monofásica o trifásica, depende del modelo de variador de frecuencia que se esté utilizando. La tensión atraviesa un puente rectificador, para convertirse en corriente continua. Para obtener una tensión similar a la alterna de la frecuencia variable, se modula la tensión rectificada por medio de un PWM y a través de un sistema de control se obtiene el nivel de tensión y de frecuencia en la salida del variador de frecuencia." (MiCRO, 2014, http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf).

1.12.2 Variador de Frecuencia IG5A

En la figura 13-1 se puede observar el Variador de Frecuencia utilizado para el sistema de control y monitoreo.



Figura 13 - 1 Variador de Frecuencia SV037iG5A-2
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Descripción:

A continuación mostramos la descripción del Variador de Frecuencia SV037iG5A-2

- Botón de cuatro posiciones para definir parámetros
- Bornes de señales de control
- Bornes de alimentación
- Borne de tierra del variador
- Borne de comunicaciones RS485
- Selector NPN, PNP
- Borne de tierra del variador
- Ventilador de enfriamiento

En la tabla 8-1 se describe los datos técnicos del Variador de frecuencia.

Tabla 8 - 1 Especificaciones del Variador de Frecuencia SV037iG5A-2

| DATOS TÉCNICOS | | |
|---|---|----------------------------|
| REGÍMENES DE ENTRADAS Y SALIDAS: CLASE 200 V TRIFÁSICO | | |
| Potencia Nominal del Motor¹ | [HP] | 5 |
| | [KW] | 3,7 |
| Salida | Capacidad Nominal | 6,1 |
| | FLA | 16 |
| | Frecuencia Máxima | 400 [Hz] ⁴ |
| | Tensión Nominal | 3Φ200 ~ 230V ⁵ |
| Entrada | Tensión Nominal | 3Φ 200~230VCA (+10%, -15%) |
| | Frecuencia Nominal | 50~60 [Hz] (±5%) |
| Método de enfriamiento | Enfriamiento Forzado | |
| Peso Kg | 1,89 | |
| CONTROL | | |
| Método de control | V/f, Control vectorial Sensor-less | |
| Resolución de frecuencia | Comando digital: 0,01Hz Comando analógico: 0,06Hz (Frecuencia máxima: 60Hz) | |
| Precisión de frecuencia | Comando digital: 0,01% de la frecuencia de salida máxima Comando analógico: 0,1% de la frecuencia de salida máxima | |
| Características de V/f | V/f lineal, cuadrática, definida por el usuario | |
| Capacidad de sobrecarga | 150% durante 1 minuto | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| Refuerzo de par (Boost de torque) | Refuerzo de par (Boost de torque) manual/automático | | |
| Frenado dinámico | Par de frenado | 20% | |
| | Tiempo/%ED | 150% | |
| OPERACIÓN | | | |
| Método de operación | Teclado/Borne/Comunicación/Teclado remoto seleccionable | | |
| Ajuste de frecuencia | Analogico: 0~10 [V], -10~10 [V], 0~20[mA] Digital: Teclado | | |
| Características de operación | PID, Subir/Bajar(Up/Down), Trifilar(3-hilos) | | |
| Entrada | Borne multifunción P1~P8 | Función:FWD/REVRUN(Avance/Retroceso), Parada de emergencia, Reposición de fallo, Operación por impulsos(JOG), Frecuencia multipaso-Alta, Media, Baja, Aceleración/Desaceleración multipaso-Alta, Media, Baja, Frenado por inyección de CC en una parada, Selección de 2 do motor, Subir frecuencia, Bajar frecuencia, Operación trifilar(3- hilos), Disparo externo A, B, Desvío de operación PID-Variador (V/f), Desvío de operación opción-variador (V/f), 2 da fuente, Fijar la frecuencia por el comando analógico, Parada de aceleración/desaceleración, Suprimir Bajar/Subir(Up/Down) frecuencia programada, Avance/Retroceso por impulsos(JOG) | |
| Salida | Borne de colector abierto multifunción | Salida de fallo y | 24VCC Menor de 50mA |
| | Borne de relé multifunción | salida de | (N.O., N.C.) Menos de 250VCA 1A, Menos de 30VCC 1A |
| | Salida analógica | 0~10VCC (Menos de 10mA): Frecuencia, Corriente, Tensión, Tensión del bus de CC seleccionable | |
| FUNCIÓN DE PROTECCIÓN | | | |
| Disparo | Sobretensión, Baja tensión, Sobrecorriente, Sobrecorriente 2, Corriente de fallo a tierra, Sobrecalentamiento del variador, Sobrecalentamiento del motor, Fase de salida abierta, Disparo por sobrecarga, Error de comunicación, Pérdida de comando de frecuencia, Fallo de hardware, Fallo del ventilador, Error del freno. | | |
| Alarma | Prevención de entrada en pérdida, Sobrecarga | | |
| Pérdida de potencia momentánea | 15mseg o menos: Operación continua (debería estar dentro de la tensión nominal de entrada y la potencia nominal de salida) 15mseg o menos: Habilidad de rearmado automático | | |
| AMBIENTE | | | |
| Grado de protección | IP20, UL Tipo 1 | | |
| Temperatura ambiente | -10°C~50°C | | |
| Temperatura de almacenamiento | -20°C~65°C | | |

| | |
|----------------------------|---|
| Humedad | 90% HR o menos (sin condensación) |
| Altitud/Vibración | 1.000m o menos, 5,9m/seg 2 (0,6G) |
| Presión atmosférica | 70~106 kPa |
| Ubicación | Protegido de gas corrosivo, gas combustible, vapor de aceite o polvo. |

Fuente: http://www.transmisionesalfa.com.ar/ARCHIVOS_PDF/VARIADORES/Manuales_Espanol/Manual_iG5A_Spanish_final_090119.pdf

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.13 Router

El router es un dispositivo que permite el direccionamiento para la comunicación entre distintos terminales o host que pertenezcan a una red.

1.13.1 Router Wifi Echolife

El router o enrutador posee componentes básicos que una computadora de escritorio como: memoria, CPU, interfaces de E/S y bus de sistema. Cabe mencionar, los routers cumplen funciones muy específicas que en general, las computadoras de escritorio no pueden realizar. El router es un dispositivo electrónico de hardware para interconexión de redes informáticas de ordenadores o determina la ruta que debe tomar el paquete de datos el cual opera en la capa tres (nivel tres). (Router, Enrutador o Encaminador, 2010, http://wiki.ead.pucv.cl/images/7/7e/ROUTER_pres01.pdf)

En la figura 14-1 se observa el Router Echolife Hg520c.



Figura 14 - 1 Router Echolife Hg520c
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 9-1 se describe algunas especificaciones del Router Echolife Hg520c

Tabla 9 - 1 Especificaciones del Router Echolife Hg520c

| Ítem | Especificaciones |
|----------------------------|--|
| Tensión nominal de entrada | 220V |
| Antenas Internas | 2 |
| Tipo de puertos | RJ45 |
| Numero de puertos | 4 |
| Interfaces | ADSL, ADSL2, WLAN, Ethernet y USB Client |

Fuente: <http://www.region20.com.ar/router-wifi-huawei-echolife-hg520c-163675.htm>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Sus funciones son las siguientes: (Region20, 2014, <http://www.region20.com.ar/router-wifi-huawei-echolife-hg520c-163675.htm>).

- Módem ADSL/ ADSL2+ incorporado para acceso de Internet de alta velocidad.
- Soporta Traducción de dirección de red (Network Address Translation - NAT) y filtrado IP.
- Soporta red compartida y protección firewall.
- Cuatro interfaces Ethernet para acceso a Internet a través de LAN.
- Soporta el protocolo DHCP.
- Soporta la configuración basada en la Web y visualización de estado.
- Soporta actualización remota/local a través del HTTP.
- Soporta IEEE 802.11g de 54Mbit/s y puede ser utilizado como equipo de punto de acceso inalámbrico.

1.14 Fuente de Alimentación

La fuente de alimentación es un dispositivo electrónico, entrega energía eléctrica a varios elementos de un sistema eléctrico, electrónico o mecánico, dentro de ella existe un proceso de transformación de energía que pasa por cuatro etapas que son: transformación, rectificación, filtrado y estabilización.

La fuente de alimentación de 24 Vcd Delta se observa en la figura 15-1.

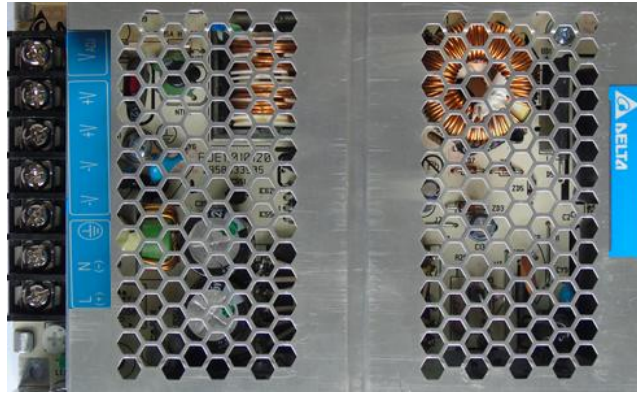


Figura 15 - 1 Fuente de Alimentación
 Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.15 Sensores

Los sensores son utilizados para la automatización de procesos en grandes, medianas y pequeñas industrias, son los encargados de recibir información de cualquier magnitud física y transformarla en otro tipo de magnitud por lo general son magnitudes eléctricas que el ser humano pueda manejar y medir.

1.15.1 Clasificación Sensores

La clasificación de los sensores, más utilizados que existen en el mercado, se describen en la tabla 10-1:

Tabla 10 - 1 Clasificación de Sensores

| | | |
|--|--------------|-----------------------------|
| Según el principio de funcionamiento | Activos | Piezoeléctricos |
| | | Termocuplas |
| Según el tipo de señal eléctrica que generan | Pasivos | Fotodiodos |
| | | Termistores |
| | | Sensor de Temperatura LM35 |
| Según el rango de valores que proporcionan | Analógicos | Acelerómetros |
| | Digitales | Sensor de rpm |
| | Temporales | Interrupitor de reed |
| | ON/OOF | Interrupitor de péndulo |
| Según el nivel de integración | De medida | Sensor de temperatura Pt100 |
| | Discretos | Interruptores |
| | Integrados | LM 555 Timer |
| | Inteligentes | Sensor de visión SRV |

| | | | |
|------------|---|--|--------------------------|
| Sensores | Según el tipo de variable física medida | Presión | Galga Extensiométrica |
| | | Temperatura | RTD |
| | | | Termistores |
| | | | Termopar |
| | | Acústicos | Capacitivo |
| | | | Piezoeléctrico |
| | | | Electrodinámicos |
| | | Humedad | Humistor |
| | | Fuerza | Galgas |
| | | Desplazamiento/ Velocidad/ Aceleración de los objetos | Transformador de Voltaje |
| | | | Diferencial Lineal |
| | | | Potenciómetro |
| | | | Galga magnetoresistencia |
| | | Caudal | Ultrasonido |
| | | Presencia y/o posición de los objetos | Fotoresistencias |
| | | | Ultrasónico |
| | | | LDR |
| | | Nivel de sólidos y Líquidos | Potenciómetro + Flotador |
| | | | Termistores LDR |
| | | | Condensador variable |
| Químicos | Electrodos de membrana | | |
| | Sensor de PH de vidrio | | |
| Magnitudes | Piezoeléctricos | | |
| Ópticos | Encóders Ópticos | | |
| | Fotointerruptores de barrera | | |
| Luz | Resistivos (LDR) | | |
| Otros | | | |

Fuente: <http://thelastlabproject.blogspot.com/2010/12/clasificacion-de-los-sensores.html>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.15.2 Sensor de Temperatura

Su función es medir y transformar la temperatura de sólidos, líquidos y aire en cambio de señales eléctricas, estas señales son receptadas por equipos eléctricos o electrónicos, existe una gran variedad de sensores de temperatura y se elige según las necesidades del usuario.

1.15.3 Sensor RTD (Resistance Temperature Detector)

Los sensores RTD se utilizan en industrias que suelen tener ambientes exigentes, son sensores de temperatura resistiva, poseen un comportamiento lineal, son asociados a montajes eléctricos tipo Puente Wheatstone y su principio se basa en la resistividad de los metales.

A continuación se presenta algunas ventajas y desventajas de los sensores RTD (Chaves, 2008, http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb081lt.pdf)

Ventajas

- El margen de temperatura es muy amplio.
- Posee gran sensibilidad.
- Las medidas son dadas con mucha exactitud y repetitividad.
- Las medidas son muy estables en el tiempo.

Desventajas

- El costo es muy elevado.
- Su tamaño es mayor, por lo tanto limita su velocidad de reacción.
- Son frágiles ante golpes.
- Se Auto calientan.

1.15.3.1 Sensor Pt100

Realiza mediciones de temperatura confiable y con exactitud, cuando la temperatura aumenta por ende aumenta la resistencia, su funcionamiento consiste en un hilo de platino, posee una resistencia de 100Ω cuando este hilo se encuentra a 0°C , nosotros utilizamos un sensor pt100 de 3 hilos.



Figura 14 - 1 Sensor de Temperatura PT100
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 11-1, se describe algunas características de los sensores pt100 utilizados en nuestro tablero de Control.

Tabla 11 - 1 Características del Sensor PT100

| Ítem | Especificación |
|---------------------|-------------------|
| Linealidad | Alta |
| Exactitud | Alta |
| Precisión | Alta |
| Tiempo de respuesta | Menor a 200ms |
| Rango de medición | -200°C a 850 °C |
| Voltaje de salida | En el orden de mV |
| Distancia | Hasta 30 metros |
| Sensibilidad | Alta |
| Reproducibilidad | Alta |
| Resolución | 0.01°C |

Fuente: http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.16 Actuadores

Los actuadores son dispositivos lineales o rotatorios, los cuales son encargados de generar una fuerza y poner en movimiento a otros dispositivos, según las instrucciones dadas por un sistema de control, por el origen de la fuerza que posean los actuadores pueden ser: eléctricos, electrónicos, hidráulicos o neumáticos.

(Vildósola, 2008, <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>).

1.16.1 Motores Eléctricos

Los motores son máquinas eléctricas de corriente continua o corriente alterna que, al momento de trabajar generan en su interior un campo magnético producido por los bobinados, el cual permite convertir la energía eléctrica en energía mecánica o viceversa.

Existe gran variedad de motores eléctricos, para nuestro trabajo de titulación elegimos un motor de corriente alterna trifásico.

1.16.1.1 Motor Eléctrico Trifásico

Los motores trifásicos son utilizados en la automatización industrial en la mayoría de proyectos, ya que trabajan con tres fases de corriente alterna (AC) desfasadas 120° entre ellas, cabe recalcar que las máquinas de corriente alterna son muy sencillas, robustas y no requieren de reparación y mantenimiento durante su uso, estos motores están compuestos por un rotor y un estator, para su funcionamiento el estator es el encargado de hacerle girar al rotor. En la figura 15-1 se visualiza el motor Trifásico utilizado en el sistema de transmisión.



Figura 15 - 1 Motor Trifásico (C.A) de 5HP
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.16.2 Electroválvula ON/OFF

La electroválvula está compuesta por una bobina y una válvula, esta puede ser de 2 o 3 vías, comienza a trabajar cuando recibe un pulso eléctrico y dependiendo cual sea la orden, abre o cierra el paso de cualquier fluido y puede trabajar con corriente alterna o corriente continua. Se muestra en la figura 16-1 la Electroválvula ON/OFF.



Figura 16 - 1 Electroválvula ON/OFF
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.16.2.1 Partes de una Electroválvula

Las partes de una electroválvula se puede observar en la figura 17-1:

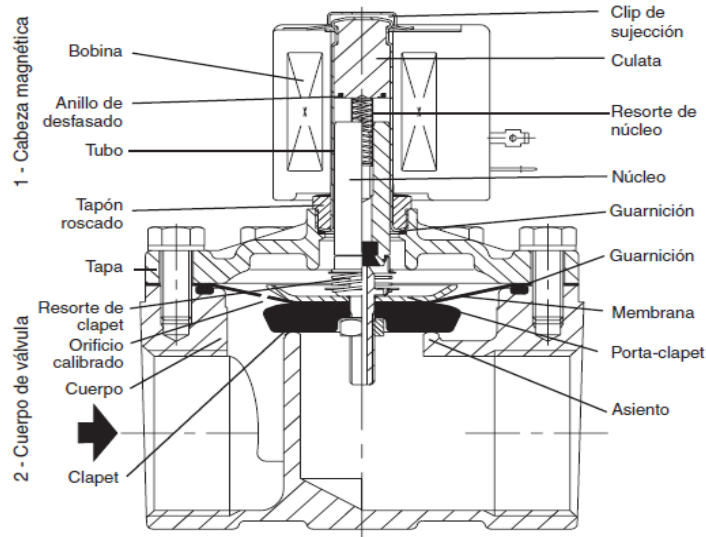


Figura 17 - 1 Partes Electroválvula

Fuente: www.asconumatics.eu

Se describen cada una de sus partes de la electroválvula utilizada en el trabajo de titulación:

(Asco, 2007, https://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/00005es.pdf)

Anillo de desfasado: En corriente directa no importa si lleva o no lleva anillo de desfasado y en corriente alterna es el encargado de limitar las vibraciones que pueda existir cuando entre en funcionamiento la electroválvula.

Bobina: Es la que produce un campo magnético cuando por ella circula corriente eléctrica.

Clapet (Válvula): Cierra el orificio principal

Tapón roscado: Es una pieza atornillada que su cabeza es magnética y se puede adherir fácilmente a sus otras piezas complementarias.

Tapa: Se encargada de sostener varias piezas internas.

Culata: Ayuda que el campo magnético sea el adecuado cuando la electroválvula se encuentra trabajando.

Guarniciones de estanquidad: Son los encargados de la estanquidad del cuerpo de válvula.

Núcleo: Es un cilindro que se desplaza por las fuerzas electromagnéticas creadas por la bobina y la culata.

Orificio calibrado: Cuando detecta una presión constante en su ingreso inmediatamente cierra la electroválvula.

Orificio piloto: Trabaja en conjunto con las guarniciones de estanquidad por medio de ella suele cerrarse.

Porta-clapet: El núcleo le pone en funcionamiento y le contiene a la válvula.

Resorte de clapet: Cierra positivamente a la válvula.

Resorte de núcleo: Cuando la bobina no posee alimentación es el resorte de mantenimiento.

Asiento: Esta incrustado en el cuerpo de la válvula.

Tubo: Es el que permite al núcleo de la electroválvula desplazarse correctamente.

1.16.3 Ventiladores

Un ventilador es una máquina que está conformada por hélices y un motor de CA o CD como se observa en la figura 18-1, al momento que se activa el motor, en sus hélices se produce una diferencia de presiones y esto da movimiento al aire en un lugar cerrado.



Figura 18 - 1 Ventilador

Fuente: http://www.construnario.com/diccionario/fotos/28115_f004.jpg

En nuestro trabajo de titulación nos ayudara a que la transferencia de calor sea equitativa al interior de la cámara de deshidratación y evitar la condensación del aire caliente.

1.17 Elementos Eléctricos

1.17.1 Breaker Eléctrico

Un Breaker eléctrico, es un dispositivo de protección que abre o cierra un circuito eléctrico y permite el paso de la corriente eléctrica, cuando dicha corriente excede el rango establecido el circuito se abre automáticamente.



Figura 19 - 1 Breaker Schneider Electric

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Un breaker se fabrica de diferentes tamaños y características como las que se mencionan a continuación:

Calibre o corriente nominal: Es la corriente a la que trabajará el dispositivo, el rango de funcionamiento va desde los 5 hasta los 64 amperios.

Tensión de trabajo: La tensión a la que trabaje puede ser monofásica o trifásica.

Poder de corte: Es la corriente máxima que se puede interrumpir.

Poder de cierre: Intensidad máxima que circula por el breaker cuando se cierre sin que se dañe.

Número de polos: Número máximo de conductores que se pueden conectar.

1.17.2 Contactor Eléctrico

Es aquel dispositivo electromecánico que cuando se energiza su bobina sus contactos cambian de estado es decir cierra o abre un circuito eléctrico, funciona tal como un interruptor. En la figura 20-1 se muestra un contactor de 5A.



Figura 20 - 1 Contactor Eléctrico

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.17.2.1 Partes del Contactor

- Contactos Principales: Abre o Cierra los circuitos de potencia o de fuerza.
- Contactos Auxiliares: Trabajan con los circuitos de Mando.
- Circuito Electromagnético: Está conformado por el núcleo, bobina y armadura.

1.17.2.2 Elección del Contactor:

Para seleccionar un contactor debemos tener presente los siguientes factores:

- La tensión de alimentación puede ser continua o alterna.
- Si la red es trifásica o monofásica.
- Las veces que el circuito magnético se va abrirse y cerrarse.
- La corriente que consume el motor o actuador.
- Usar el catálogo según el tipo de fabricante y modelo del contactor.

1.17.3 Pulsador

Al ser presionado el botón permite que pase la corriente y cuando no se presiona vuelve a su estado inicial es decir a reposo.

En la figura 21-1 se muestra pulsadores Camco utilizados en nuestro trabajo de titulación.



Figura 21 - 1 Pulsador

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.17.4 Botón de Emergencia

En toda máquina que puede existir peligro de tipo mecánico, cuando trabaje en condiciones normales, se instala un botón de emergencia por seguridad, su función es interrumpir en caso de existir peligro el suministro de las fuentes de alimentación de energía y parar la máquina lo más rápido posible.

(Insht,2015,

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_086.pdf)

En la figura 22-1 se observa un botón de Emergencia Camco.



Figura 22 - 1 Botón de Emergencia

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.17.5 Luces Indicadoras

En la figura 23-1 se observa Luces Indicadoras, sirven para visualizar el estado en el cual se encuentra el proceso, según el color que tenga brinda un mensaje, los de color verde indica las acciones controladas y el rojo es peligro o paro.



Figura 23 - 1 Luces Indicadoras

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

1.17.6 Conductor Eléctrico

Es aquel elemento que permiten fluir la corriente libremente. En la figura 24-1 se visualiza varios conductores existentes en el mercado.



Figura 24 - 1 Conductores

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 12-1, se visualiza el color de conductor que utilizamos para el cableado del tablero de Control.

Tabla 12 - 1 Color de Conductores

| SISTEMA | MONOFÁSICO(120) | TRIFÁSICO(220) |
|---------------------|------------------------|-----------------------|
| Fases 1 | Negro, Rojo o Azul | Negro o Café |
| Fases 2 | | Rojo |
| Fases 3 | | Azul |
| Neutro | Blanco | Blanco |
| Protección (Tierra) | Verde | Verde |
| Tierra Aislada | Verde Amarillo | Verde Amarillo |

Fuente: <http://www.centelsa.com.co/archivos/d241a0a2.pdf>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

CAPITULO II

2 MARCO METODOLÓGICO

2.1 Introducción

En este capítulo se detalla todos los pasos que se realizó, para proceder al diseño y la implementación del Sistema de Control y Monitoreo para el Deshidratador de Vegetales a Vapor mediante RECIPÉ-BATCH, en el cual se siguieron normas, técnicas y parámetros necesarios para su adecuado funcionamiento. En el gráfico 1-2 se da a conocer cada una de las etapas realizadas para la elaboración del trabajo de titulación.

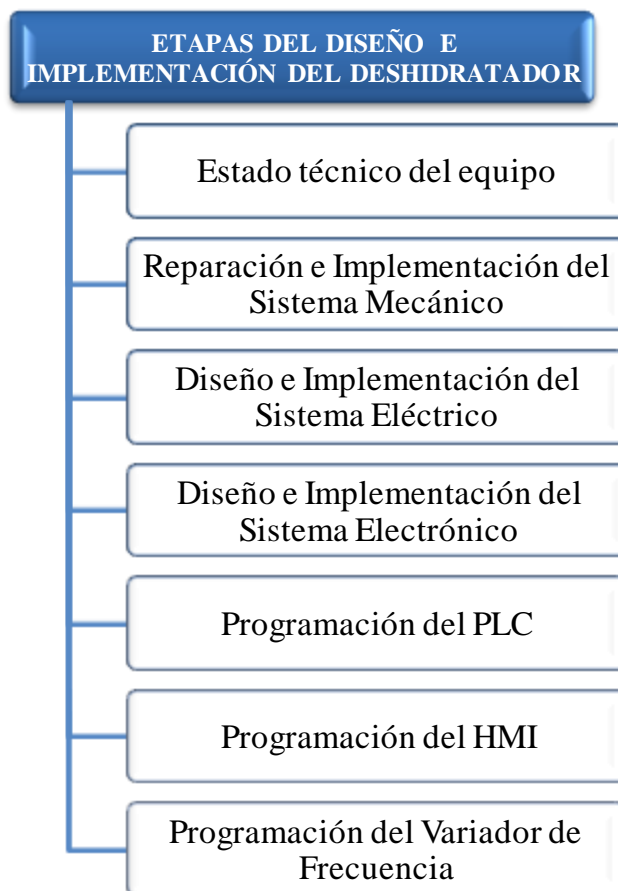


Gráfico 1 - 2 Etapas del Diseño e Implementación del Deshidratador de Vegetales a Vapor.
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para el desarrollo del trabajo de titulación se utilizó el método heurístico, ya que es un método ideal para el diseño e implementación del sistema mecánico, eléctrico y electrónico, cabe recalcar que este método utiliza reglas empíricas para llegar a cualquier solución deseada, se realizaron cinco pasos dónde: se identificó y presentó el problema que se quiera solucionar, se estudió todas las estrategias viables a seguir, se continuó con las estrategias seleccionadas, se alcanzó la solución de los objetivos planteados y se terminó evaluando los efectos adquiridos de cada actividad que se realizó.

2.2 Etapas del Diseño e Implementación del Deshidratador de Vegetales.

Teniendo en cuenta los parámetros y etapas del proceso, se realizaron varias etapas para que los diferentes sistemas como: mecánico, eléctrico, electrónico, control y monitoreo realicen su respectivo trabajo de forma eficiente, cumpliendo con los objetivos planteados, se procedió a describir el funcionamiento de cada etapa.

El gráfico 2-2, describe cada etapa del proceso, los actuadores que intervienen y los respectivos parámetros (temperatura y tiempo) que se debe establecer para la deshidratación de los productos.

| Calentamiento | Llenado | Ubicación | Deshidratación | Vaciado |
|--|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Se activa la válvula de vapor. • Los Pt100 sensan la temperatura. • El HMI muestra los parámetros y permite su modificación. | <ul style="list-style-type: none"> • Se activa el motovibrador en la tolva de ingreso 4 s. • Se activa el sistema de transmisión 4s. • La activación del motovibrador y el sistema de transmisión varia 1s. | <ul style="list-style-type: none"> • Ativa la banda transportadora 2 s, permitiendo ubicar el producto en la posición admisible para poder realizar el balanceo de la producto. con la ayuda de la banda. | <ul style="list-style-type: none"> • Inicia la cuenta del tiempo y todo el proceso se registran las temperaturas abriendo o cerrando la válvula de vapor según sea el alcance de la temperatura máxima o minia. • Los ventiladores se activarán cada minuto 4 s. | <ul style="list-style-type: none"> • Se activará la banda transportadora 7 s con le objetivo de etregar a la tolva de salida todo el materia contenido en el interior de la camara de secado. |

Gráfico 2 - 2 Etapas, parámetros y actuadores que intervienen en el proceso de deshidratación
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.3 Estado Técnico Del Equipo

Determinar el Equipo a ser Evaluado

Secador de túnel para la deshidratación del maíz.

Lista de aspectos a ser evaluados

- 1 Acero Inoxidable
- 2 Banda Transportadora
- 3 Tubo de Hierro Negro
- 4 Ventiladores 110 v
- 5 Reductor de Velocidad
- 6 Madera MDF
- 7 Válvula a Vapor -10 bar (145 psi) máx. 40°C (+104°F)
- 8 Trampa de Vapor
- 9 Serpentes Industriales
- 10 Termómetro de Mercurio
- 11 Sensor Digital
- 12 Red Eléctrica 220 V - 3Ø
- 13 Motor Eléctrico 3Ø 1Hp – 3.75 kW
- 14 Contactor 1
- 15 Contactor 2
- 16 Contactor 3
- 17 Interruptor 1
- 18 Interruptor 2
- 19 Interruptor 3
- 20 Instalación Eléctrica
- 21 Sistema de Tracción

En la tabla 1-2 muestra los aspectos Evaluados:

Tabla 1 - 2 Evaluación de Aspectos

| ASPECTOS | BUENO | REGULAR | MALO | MUY MALO |
|-----------------------|-------|---------|------|----------|
| Acero Inoxidable | | X | | |
| Banda Transportadora | | X | | |
| Tubo de Hierro | X | | | |
| Ventilador (s) | X | | | |
| Reductor de | | | X | |
| Madera | | X | | |
| Válvula a Vapor | X | | | |
| Trampa de Vapor | | | X | |
| Serpentines | | X | | |
| Termómetro | X | | | |
| Sensor Digital | X | | | |
| Red Eléctrica | X | | | |
| Motor 1HP | X | | | |
| Contactador 1 | X | | | |
| Contactador 2 | | X | | |
| Contactador 3 | X | | | |
| Interruptor 1 | X | | | |
| Interruptor 2 | | | X | |
| Interruptor 3 | X | | | |
| Instalación Eléctrica | | | | X |
| Sistema de Tracción | X | | | |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Tomando en cuenta la experiencia adquirida en el campo práctico, según el autor se han asignando valores como se observa en la tabla 2-2, para calificar cada aspecto que conforma al deshidratador.

Tabla 2 - 2 Asignación de Valores a Calificar

| | |
|----------|------|
| Bueno | 1,00 |
| Regular | 0,80 |
| Malo | 0,60 |
| Muy malo | 0,40 |

Fuente: VITERI, Marco, 2003

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 3-2 se muestra todos los aspectos calificados que conforman al deshidratador.

Tabla 3 - 2 Aspectos Calificados

| Calificación | Total | Valor Asignado | (Total Aspecto * Valor Asignado) |
|---------------------|--------------|-----------------------|---|
| Bueno | 12 | 1,00 | 12 |
| Regular | 5 | 0,80 | 4 |
| Malo | 3 | 0,60 | 1,80 |
| Muy Malo | 1 | 0,40 | 0,40 |

Fuente: VITERI, Marco, 2003

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Se procedió a sacar un promedio de los valores obtenidos, luego se dividió para el número de aspectos que estuvieron siendo evaluados y el resultado se multiplica por 100, el porcentaje adquirido se comparó en la tabla 4-2:

Tabla 4 - 2 Selección del Estado de Servicio de Mantenimiento

| ESTADO DE SERVICIO DE MANTENIMIENTO | | |
|--|----------|--------------------|
| 90 - 100 | Bueno | Revisión |
| 80 - 89 | Regular | Reparación Pequeña |
| 70 - 79 | Malo | Reparación Media |
| < 69 | Muy Malo | Reparación General |

Fuente: VITERI, Marco, 2003

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Nos da un total de 18.2

Dividimos para el número de aspectos a ser evaluados.

$$\frac{18,20}{21} = 0,87$$

$$0,87 * 100 = 87$$

El Estado Técnico es Regular por lo que se procederá a una Reparación Pequeña.

2.4 Reparación e Implementación del Sistema Mecánico

Para el sistema de control y monitoreo del deshidratador de vegetales se realizó una reparación pequeña, modificando algunos de sus componentes con la finalidad de mejorar el proceso, dichos componentes están diseñados el software CAD SOLIDWORKS

Los componentes a ser modificados son los siguientes:

Base para el Motor Trifásico.

Motor Trifásico

Polea

Correas de Transmisión

2.4.1 Diseño de los componentes a ser modificados

2.4.1.1 Base para el Motor Trifásico

Esta elaborada de tol galvanizado forma un rectángulo de 10cm x 15cm, dicha base es regulable por medio de un tensor el cual permite alzar o bajar al motor eléctrico.

En la figura 1-2 se observa el diseño realizado en el software Solidworks de la Base para el motor Trifásico.

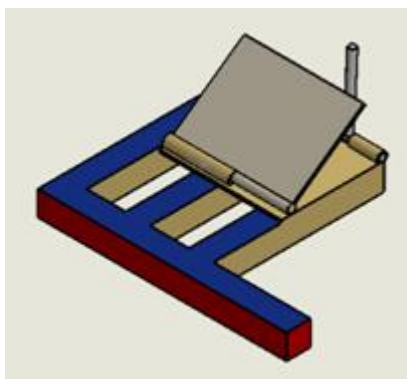


Figura 1 - 2 Diseño de la Base para Motor Trifásico
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.4.1.2 Motor Trifásico

Se instaló un motor trifásico con la finalidad de mover la banda transportadora, que se encuentra dentro del deshidratador.

En la figura 2-2 se observa el diseño realizado en el software Solidworks de la base del motor trifásico, tensor y motor trifásico

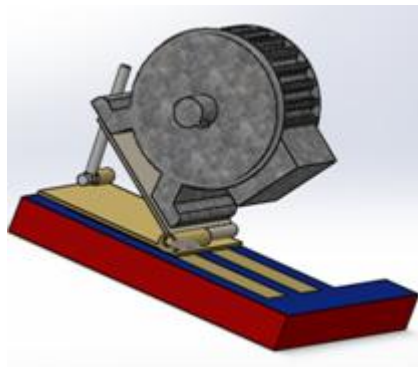


Figura 2 - 2 Diseño de la base del Motor, Tensor y Motor
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Utilizamos un motor trifásico de marca US. ELECTRICAL MOTORS de 5HP, al cual se reduce la velocidad por medio de un Variador de Frecuencia, en la siguiente tabla se detalla sus características eléctricas.

Tabla 5 - 2 Especificaciones del Motor Trifásico

| Ítem | Especificación |
|--------------------|-----------------------|
| Marca | US. ELECTRICAL MOTORS |
| Voltaje | 220 - 440 V |
| Frecuencia | 60 Hz |
| Potencia | 5 HP |
| RPM | 1720 |
| Amperaje | 14.8 - 7.4 A |
| Factor de potencia | 0.95 |
| SF | 1.15 |
| DESING | B |
| CODE | J |

Fuente: Datos de placa del Motor Trifásico
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.4.1.3 Selección de Polea y Correas de Transmisión

Para la selección de polea y correas de transmisión se debe conocer los datos de la máquina conductora:

- **Máquina Conconductora:**

Datos:

Motor Trifásico

Potencia Transmitida: 5 HP

Revoluciones (N): 1720 rpm

Diámetro Polea Menor: 6cm = 60 mm.

- **Máquina Conducida:**

Deshidratador de Vegetales

Diámetro Polea Mayor: 15cm = 150 mm

- **Potencia Corregida**

Con la ecuación 1-2 se calculó la potencia corregida de la potencia transmitida por el motor Trifásico de 5 HP.

Ecuación 1 - 2 Ecuación de Potencia Corregida de la Potencia Transmitida

$$P_c = P * K$$

Dónde:

P_c = Potencia Corregida

P = Potencia Transmitida del Motor Conductor

K = Factor de Corrección de la potencia

El factor de corrección de Potencia (K), se seleccionó según el tipo de máquinas motrices en la tabla figura 3-2.

| Máquinas motrices | Motores eléctricos cd = 2 cn Motores térmicos multicilindros > 600 rpm | | | Motores eléctricos c maxi > 2 cn Monocilindro < 600 rpm | | |
|--|---|------------|-------------|--|------------|-------------|
| | < 6 h/d | 6 a 16 h/d | 16 a 24 h/d | < 6 h/d | 6 a 16 h/d | 16 a 24 h/d |
| <i>Cargas uniformes ligeras:</i> Agitadores para líquidos, bombas y compresores centrifugos-ventiladores hasta 7,5 Kw Pequeños transportadores | 1,0 | 1,1 | 1,2 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |
| <i>Cargas uniformes medias:</i> Transportadores de cinta (arena, grano) Ventiladores superiores 7,5 Kw Generadores-alternadores, máquinas herramientas Maquinaria artes gráficas, prensas, cizallas, lavadoras, bombas rotativas. | 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| <i>Cargas irregulares con sobrecargas:</i> Maquinaria para ladrillos y cerámica Elevadores con canchilones. Compresores y bombas de pistones. Maquinaria papel. Pulverizadores. Maquinaria textil. | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| <i>Cargas irregulares y sobrecargas importantes:</i> Molinos, machacadoras, laminadoras, calandras mezcladoras. Gruas, dragas. | 1,3 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,8 |
| Cargas muy irregulares y grandes sobrecargas. | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Figura 3 - 2 Tabla para seleccionar el Factor de Corrección de potencia (K)

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorial121.html>

Cálculo:

$$P_c = P * K$$

K = 1,2 es el factor de corrección para máquinas transportadoras de granos.

$$P_c = 5 * 1,2$$

$$P_c = 6 \text{ HP}$$

- **Selección del Tipo de Correa de Transmisión**

La sección exacta del tipo de correa de transmisión que se eligió para implementar nuestro trabajo de titulación fue seleccionada en la figura 4-2, teniendo en cuenta la potencia a transmitir y las rpm de la polea de menor dimensión.

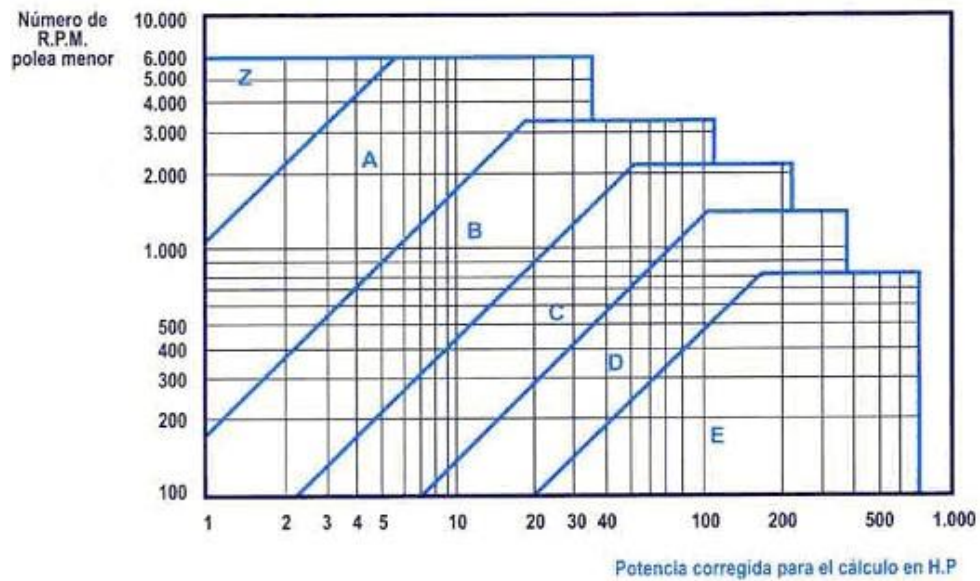


Figura 4 - 2 Sección de Correas de Transmisión

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorial121.html>

Datos:

N= 1720 rpm, velocidad de giro de la polea menor;

Pc= 6 HP.

Entonces el tipo de Correa seleccionada fue: Perfil "C"

• **Relación de Transmisión**

La relación de transmisión se cálculo con la ecuación 2- 2:

Ecuación 2 - 2 Ecuación de Relación de Transmisión

$$R = \frac{N}{n} = \frac{D}{d}$$

Dónde:

R = Relación de Transmisión

N = RPM polea menor

n = RPM polea mayor

D = Diámetro polea mayor

d = Diámetro polea menor

Cálculo:

$$R = \frac{D}{d}$$
$$R = \frac{150mm}{60mm}$$
$$R = 2,5$$

Entonces la relación de transmisión que se calculó fue de 2,5, cabe mencionar que cuando la relación de transmisión está dentro del rango 1 y 3 se procederá a calcular la distancia entre las poleas.

- **Diámetro de poleas**

Por medio de la ecuación 3-2 y 4-2 se realizó el cálculo de las poleas, para ello se debe conocer el diámetro de una polea ya sea de la menor o de la polea mayor.

Ecuación 3 - 2 Polea Mayor

$$D = R * d$$

Ecuación 4 - 2 Polea Menor

$$d = \frac{D}{R}$$

Calculo:

$$D = R * d$$

$$D = 2,5 * 60 \text{ mm}$$

$$D = 150mm$$

En este caso se obtuvo el diámetro de las dos poleas, se calculó para verificar su dimensionamiento anterior que poseía el equipo.

- **Distancia entre los ejes de las poleas**

Se calculó la distancia entre los ejes de las poleas con la ecuación 5-2, porque la relación de transmisión obtenida fue de 2,5.

Ecuación 5 - 2 Distancia entre Ejes de Poleas

$$E \geq \frac{(R + 1) \cdot d}{2} + d$$

Dónde:

E= Distancia entre ejes de Poleas

R = Relación de transmisión

d = Diámetro Polea Menor

D = Diámetro Polea Mayor

Calculo:

$$E \geq \frac{(R + 1) \cdot d}{2} + d$$

$$E \geq \frac{(2,5 + 1) \cdot 6}{2} + 6$$

$$E \geq 16,5cm$$

Si la relación de transmisión hubiese sido mayor o igual a 3 solo debe cumplirse que la distancia entre los ejes de las poleas sea mayor al diámetro de la polea mayor, caso contrario debe calcularse.

En nuestro caso la distancia entre ejes de la máquina conductora y la conducida debe ser $E \geq 165$ mm según lo calculado pero se seleccionó una distancia entre ejes válida de, $E= 500$ mm.

• Longitud de la Correa de Transmisión

La siguiente ecuación proporcionó la longitud exacta que deben tener la correa (L_p), en función de la distancia entre los ejes de las poleas ($E= 500$ mm), el diámetro de la polea menor ($d= 60$ mm) y el diámetro de la polea mayor ($D= 150$ mm).

Ecuación 6 - 2 Longitud de las Correas de Transmisión

$$Lp = 2E + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4E}$$

Dónde:

E = Distancia entre ejes de poleas

d = Diámetro de la polea menor

D = Diámetro de la polea mayor

Π = pi (3,14159265)

En la figura 5-2 de longitud primitiva nominales se seleccionó la más próxima al valor calculado para el tipo de perfil "C".

| Longitud primitiva nominal | | | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Correa (in) | Sección Z (mm) | Sección A (mm) | Sección B (mm) | Sección C (mm) | Sección D (mm) | Sección E (mm) |
| 41 | 1066 | 1075 | 1086 | - | - | - |
| 42 | 1092 | 1106 | 1100 | - | - | - |
| 43 | 1117 | 1134 | 1140 | - | - | - |
| 44 | 1143 | 1153 | 1156 | 1191 | - | - |
| 45 | 1168 | 1186 | 1184 | 1217 | - | - |
| 46 | 1193 | 1199 | 1204 | 1242 | - | - |
| 47 | 1219 | 1232 | 1237 | 1267 | - | - |
| 48 | 1244 | 1262 | 1268 | 1293 | - | - |
| 49 | 1270 | 1280 | 1288 | 1318 | - | - |
| 50 | 1295 | 1306 | 1318 | 1344 | - | - |
| 51 | 1320 | 1330 | 1328 | 1357 | - | - |
| 52 | 1346 | 1354 | 1367 | 1394 | - | - |
| 53 | 1371 | 1381 | 1392 | 1429 | - | - |
| 54 | 1397 | 1405 | 1410 | 1442 | - | - |
| 55 | 1422 | 1429 | 1443 | 1460 | - | - |
| 56 | 1447 | 1459 | 1460 | 1497 | - | - |
| 57 | 1473 | 1492 | 1491 | 1527 | - | - |
| 58 | 1498 | 1507 | 1512 | 1550 | - | - |
| 59 | 1524 | 1532 | 1541 | 1576 | - | - |
| 60 | 1549 | 1556 | 1556 | 1598 | - | - |
| 61 | - | 1584 | 1601 | 1623 | - | - |

Figura 5 - 2 Tabla para seleccionar la Longitud Primitiva Nominal

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/longitudprimitiva.jpg>

Cálculo:

$$Lp = 2E + \frac{\pi}{2}(D + d) + \frac{(D - d)^2}{4E}$$
$$Lp = 2(500) + \left(\frac{\pi}{2}(150 + 60)\right) + \left(\frac{(150 - 60)^2}{(4 * 500)}\right)$$
$$Lp = 1333.92mm$$

Se aplicó los valores anteriores y resultó $Lp = 1333.92$ mm, se seleccionó una correa de perfil "C" con desarrollo nominal 1344 mm (N° 50).

- Factor de corrección del largo de la correa (Fcl)

El factor de corrección del largo de la correa se seleccionó según la longitud de la correa y la sección de la correa de transmisión en la figura 6-2:

| Longitud correa | Sección de la correa | | | | | |
|-----------------|----------------------|------|------|------|---|---|
| | Z | A | B | C | D | E |
| 16 | 0.80 | - | - | - | - | - |
| 24 | 0.83 | - | - | - | - | - |
| 26 | 0.84 | 0.81 | - | - | - | - |
| 31 | 0.89 | 0.84 | - | - | - | - |
| 35 | 0.92 | 0.87 | 0.81 | - | - | - |
| 38 | 0.93 | 0.88 | 0.83 | - | - | - |
| 42 | 0.95 | 0.90 | 0.85 | - | - | - |
| 46 | 0.97 | 0.92 | 0.87 | - | - | - |
| 51 | 0.99 | 0.94 | 0.89 | 0.80 | - | - |
| 55 | 1.00 | 0.96 | 0.90 | 0.81 | - | - |
| 60 | - | 0.98 | 0.92 | 0.82 | - | - |

Figura 6 - 2 Tabla para elegir el Factor de Corrección del largo de la Correa

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/factorfcl.jpg>

Selección:

El factor de corrección para la sección de correa tipo C con una longitud de correa de N°50 que se seleccionó fue:

$$F_c = 0,80$$

- **Cálculo del Arco de Contacto**

El arco de contacto sobre la polea menor se calculó con la ecuación 7-2, en función de la distancia entre ejes ($E = 500$ mm), el diámetro de la polea menor ($d = 60$ mm) y el diámetro de la polea mayor ($D = 150$ mm).

Ecuación 7 - 2 Arco de Contacto

$$A = 180^\circ - 57 \frac{(D - d)}{E}$$

Dónde:

A = Ángulo de contacto sobre la polea menor, en $^\circ$

E = Distancia entre ejes de poleas

d = Diámetro Polea Menor

D = Diámetro Polea Mayor

Cálculo:

$$A = 180 - 57 \frac{(D - d)}{E}$$

$$A = 180 - 57 \frac{(150 - 60)}{500}$$

$$A = 169.74^\circ$$

El arco de contacto sobre la polea menor calculado fue : A= 169.74°

- **Factor de Corrección del Arco de Contacto**

En la siguiente figura se eligió el Factor de Corrección del Arco de Contacto sobre la polea menor ya que es fundamental conocer.

| Factor de corrección | | |
|------------------------------------|-------------------|------------------------|
| Arco de contacto sobre polea menor | Poleas acanaladas | Poleas acanalada/plana |
| 180° | 1.00 | 0.75 |
| 175° | 0.99 | 0.76 |
| 170° | 0.98 | 0.77 |
| 167° | 0.97 | 0.78 |
| 164° | 0.96 | 0.79 |

Figura 7 - 2 Tabla para seleccionar el Factor de Corrección del Arco de Contacto

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/objetos/figutut121/factorfcl.jpg>

En la figura 7-2 se observó el arco de contacto sobre la polea menor de 169.74° y resulta un Factor de corrección del Arco de Contacto igual a : FcA= 0,98

- **Velocidad de la Correa de Transmisión**

La velocidad de la correas de transmisión se calculó en función del diámetro de la polea menor (d= 60 mm) y sus revoluciones de giro (N= 1720 rpm), por medio de la ecuación 8-2.

Ecuación 8 - 2 Velocidad de las Correas de Transmisión

$$V_t = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000}$$

Dónde:

V_t = Velocidad Lineal o Tangencial de la Correa, en m/s

d = Diámetro Polea menor

N = Revoluciones por minuto (r.p.m.) de la polea menor

Π = Número pi (3,14159265)

Cálculo:

$$V_t = \frac{\pi * d * N}{60 * 1000}$$

$$V_t = \frac{\pi * 60 * 1720}{60 * 1000}$$

$$V_t = 0.032 \frac{m}{s}$$

La velocidad lineal de una correa trapezoidal no puede ser mayor a 30 m/s y si esto pasa se utilizará poleas especiales, cuando dicha velocidad es mayor las fuerzas centrífugas tienen una magnitud tal que podría desencajar la correa de transmisión de la ranura de la polea, el valor obtenido para la velocidad lineal de nuestras correas de transmisión es válido al ser inferior a los 30 m/s.

• Potencia Base de las Correas de Transmisión

Para seleccionar la potencia base de las correas de transmisión se utilizó la tabla de la figura 8-2 dónde, se buco las revoluciones por minuto (rpm) y diámetro de la polea menor.

| Sección C | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Nº R.P.M. De la polea menor | Prestación Base (en HP) | | | | | | | | | | | | | Prestación adicional por relación de transmisión (en HP) | | | | | | | | | |
| | Diámetro primitivo de la polea menor (mm) | | | | | | | | | | | | | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.09 | 1.13 | 1.19 | 1.25 | 1.35 | 1.52 | 2.00 |
| | 178 | 190 | 203 | 216 | 229 | 241 | 254 | 267 | 279 | 292 | 305 | 317 | 330 | al 1.01 | al 1.04 | al 1.08 | al 1.12 | al 1.18 | al 1.24 | al 1.34 | al 1.51 | al 1.99 | y sobre |
| 870 | 4.43 | 5.26 | 6.09 | 6.90 | 7.70 | 8.49 | 9.26 | 10.00 | 10.80 | 11.50 | 12.30 | 13.00 | 13.70 | 0.00 | 0.12 | 0.24 | 0.36 | 0.47 | 0.59 | 0.71 | 0.83 | 0.95 | 1.07 |
| 1160 | 5.28 | 6.32 | 7.34 | 8.34 | 9.31 | 10.30 | 11.20 | 12.10 | 13.00 | 13.90 | 14.70 | 15.50 | 16.30 | 0.00 | 0.16 | 0.32 | 0.47 | 0.63 | 0.79 | 0.95 | 1.11 | 1.26 | 1.42 |
| 1750 | 6.23 | 7.56 | 8.84 | 10.10 | 11.20 | 12.30 | 13.30 | 14.30 | 15.20 | 16.00 | 16.80 | 17.40 | 18.00 | 0.00 | 0.24 | 0.48 | 0.72 | 0.95 | 1.19 | 1.43 | 1.67 | 1.91 | 2.15 |
| 100 | 0.86 | 0.98 | 1.10 | 1.22 | 1.34 | 1.46 | 1.58 | 1.70 | 1.82 | 1.93 | 2.05 | 2.16 | 2.28 | 0.00 | 0.01 | 0.03 | 0.04 | 0.05 | 0.07 | 0.08 | 0.10 | 0.11 | 0.12 |
| 200 | 1.49 | 1.72 | 1.95 | 2.17 | 2.40 | 2.62 | 2.84 | 3.06 | 3.28 | 3.50 | 3.72 | 3.93 | 4.15 | 0.00 | 0.03 | 0.05 | 0.08 | 0.11 | 0.14 | 0.16 | 0.19 | 0.22 | 0.25 |
| 300 | 2.05 | 2.37 | 2.70 | 3.03 | 3.35 | 3.67 | 3.99 | 4.31 | 4.62 | 4.94 | 5.25 | 5.56 | 5.87 | 0.00 | 0.04 | 0.08 | 0.12 | 0.16 | 0.20 | 0.25 | 0.29 | 0.33 | 0.37 |
| 400 | 2.55 | 2.97 | 3.39 | 3.81 | 4.23 | 4.65 | 5.06 | 5.47 | 5.87 | 6.28 | 6.68 | 7.08 | 7.47 | 0.00 | 0.05 | 0.11 | 0.16 | 0.22 | 0.27 | 0.33 | 0.38 | 0.44 | 0.49 |
| 500 | 3.01 | 3.53 | 4.04 | 4.55 | 5.06 | 5.56 | 6.06 | 6.55 | 7.05 | 7.53 | 8.02 | 8.50 | 8.98 | 0.00 | 0.07 | 0.14 | 0.20 | 0.27 | 0.34 | 0.41 | 0.48 | 0.55 | 0.61 |
| 600 | 3.43 | 4.04 | 4.64 | 5.24 | 5.83 | 6.42 | 7.00 | 7.58 | 8.15 | 8.72 | 9.28 | 9.83 | 10.40 | 0.00 | 0.08 | 0.16 | 0.25 | 0.33 | 0.41 | 0.49 | 0.57 | 0.65 | 0.74 |
| 700 | 3.83 | 4.52 | 5.21 | 5.89 | 6.56 | 7.23 | 7.89 | 8.54 | 9.19 | 9.82 | 10.50 | 11.10 | 11.70 | 0.00 | 0.10 | 0.19 | 0.29 | 0.38 | 0.48 | 0.57 | 0.67 | 0.76 | 0.86 |
| 800 | 4.19 | 4.97 | 5.74 | 6.50 | 7.25 | 7.99 | 8.72 | 9.44 | 10.20 | 10.90 | 11.50 | 12.20 | 12.90 | 0.00 | 0.11 | 0.22 | 0.33 | 0.44 | 0.55 | 0.65 | 0.76 | 0.87 | 0.98 |
| 900 | 4.53 | 5.39 | 6.23 | 7.06 | 7.88 | 8.69 | 9.49 | 10.30 | 11.00 | 11.80 | 12.60 | 23.30 | 14.00 | 0.00 | 0.12 | 0.25 | 0.57 | 0.49 | 0.61 | 0.74 | 0.86 | 0.98 | 1.10 |
| 1000 | 4.84 | 5.77 | 6.69 | 7.59 | 8.47 | 9.34 | 10.20 | 11.00 | 11.90 | 12.70 | 13.50 | 14.20 | 15.00 | 0.00 | 0.14 | 0.27 | 0.41 | 0.55 | 0.68 | 0.82 | 0.95 | 1.09 | 1.23 |
| 1100 | 5.12 | 6.12 | 7.10 | 8.07 | 8.01 | 9.94 | 10.90 | 11.70 | 12.60 | 13.50 | 14.30 | 15.10 | 15.90 | 0.00 | 0.15 | 0.30 | 0.45 | 0.60 | 0.75 | 0.90 | 1.05 | 1.20 | 1.35 |
| 1200 | 5.37 | 6.44 | 7.48 | 8.51 | 9.51 | 10.50 | 11.40 | 12.40 | 13.30 | 14.10 | 15.00 | 15.80 | 16.60 | 0.00 | 0.16 | 0.33 | 0.49 | 0.65 | 0.82 | 0.98 | 1.14 | 1.31 | 1.47 |
| 1300 | 5.60 | 6.73 | 7.83 | 8.90 | 9.94 | 11.00 | 12.00 | 12.90 | 13.80 | 14.70 | 15.60 | 16.40 | 17.20 | 0.00 | 0.18 | 0.35 | 0.53 | 0.71 | 0.89 | 1.06 | 1.24 | 1.42 | 1.59 |
| 1400 | 5.79 | 6.98 | 8.13 | 9.24 | 10.30 | 11.40 | 12.40 | 13.40 | 14.30 | 15.20 | 16.10 | 16.90 | 17.70 | 0.00 | 0.19 | 0.38 | 0.57 | 0.76 | 0.95 | 1.14 | 1.34 | 1.53 | 1.72 |
| 1500 | 5.96 | 7.19 | 8.39 | 9.54 | 10.70 | 11.70 | 12.80 | 13.80 | 14.70 | 15.60 | 16.40 | 17.20 | 18.00 | 0.00 | 0.20 | 0.41 | 0.61 | 0.82 | 1.02 | 1.23 | 1.43 | 1.64 | 1.84 |
| 1600 | 6.09 | 7.37 | 8.60 | 9.79 | 10.90 | 12.00 | 13.10 | 14.00 | 15.00 | 15.90 | 16.70 | 17.40 | 18.10 | 0.00 | 0.22 | 0.44 | 0.65 | 0.87 | 1.09 | 1.31 | 1.53 | 1.74 | 1.96 |
| 1700 | 6.20 | 7.51 | 8.77 | 9.98 | 11.10 | 12.20 | 13.30 | 14.20 | 15.20 | 16.00 | 16.80 | 17.50 | 18.10 | 0.00 | 0.23 | 0.46 | 0.69 | 0.93 | 1.16 | 1.39 | 1.62 | 1.85 | 2.09 |
| 1800 | 6.26 | 7.61 | 8.89 | 10.10 | 11.30 | 12.40 | 13.40 | 14.30 | 15.20 | 16.00 | 16.70 | 17.40 | 17.90 | 0.00 | 0.25 | 0.49 | 0.74 | 0.98 | 1.23 | 1.47 | 1.72 | 1.96 | 2.21 |
| 1900 | 6.30 | 7.67 | 8.97 | 10.20 | 11.40 | 12.40 | 13.40 | 14.30 | 15.20 | 15.90 | 16.50 | 17.10 | 17.50 | 0.00 | 0.26 | 0.52 | 0.80 | 1.04 | 1.30 | 1.55 | 1.81 | 2.07 | 2.33 |
| 2000 | 6.30 | 7.69 | 8.99 | 10.20 | 11.40 | 12.40 | 13.40 | 14.20 | 15.00 | 15.60 | 16.20 | - | - | 0.00 | 0.27 | 0.55 | 0.82 | 1.09 | 1.36 | 1.64 | 1.91 | 2.18 | 2.45 |

Figura 8 - 2 Tabla para seleccionar la Potencia Base y Potencia Adicional

Fuente: <http://ingemecanica.com/tutorialesemanal/objetos/figutut121/prestacionbase.jpg>

En dichas tablas, buscamos el diámetro de la polea menor ($d=60\text{mm}$) y sus revoluciones de giro ($N=1720\text{rpm}$), entonces se obtuvo la potencia base para la correa de perfil "C" seleccionada.

$P_b = 6,51\text{ HP}$, es el resultante de sumarle a la potencia base de la correa de perfil "C" (6,26 HP) y la potencia adicional por relación de transmisión (0,25 HP).

• **Potencia Efectiva por Correa de Transmisión**

La potencia efectiva por correa (P_e) se calculó con la siguiente ecuación:

Ecuación 9 - 2 Potencia Efectiva por Correa de Transmisión

$$P_e = P_b * F_{cl} * F_{cA}$$

Dónde:

P_b = Potencia Base

F_{cl} = Factor de corrección del largo de la correa

F_{cA} = Factor de corrección del Arco de Contacto

Cálculo:

$$Pe = Pb * Fcl * FcA$$

$$Pe = 6,51 * 0,80 * 0,98$$

$$Pe = 5,10HP$$

• **Cálculo del Número de Correas de Transmisión**

Según la ecuación 10-2 se calculó el número de correas de transmisión que utilizamos en el Trabajo de Titulación.

Ecuación 10 - 2 Número de Correas de Transmisión

$$N^{\circ}decorreas = \frac{Pc}{Pe}$$

Cálculo:

$$N^{\circ}decorreas = \frac{Pc}{Pe}$$

$$N^{\circ}decorreas = \frac{6}{5,10}$$

$$N^{\circ}decorreas = 1,18$$

Entonces el número de correas que colocamos para nuestro sistema de transmisión fueron 2.

• **Resultado final**

El sistema de transmisión fue implementado como se detalla a continuación:

- Tipo correa: C50
- N° de correas: 2
- Diámetro polea menor: 60 mm
- Diámetro polea mayor: 150 mm
- Distancia entre centros de poleas: 500 mm

2.4.2 Implementación

Se realizó el montaje del motor y se colocó el cable que alimenta al motor por una tubería conduit para proteger del calor como se visualiza en la figura 9-2.



Figura 9 - 2 Colocación Motor de 5HP
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Después de haber calculado el número de correas de transmisión y el diámetro de la polea menor se procedió a colocar como se muestra en la figura 10-2.



Figura 10 - 2 Colocación polea menor y correas de transmisión
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Luego de haber implementado todo el sistema de transmisión por medio del siguiente templador se calibro la banda de trasportadora como se muestra en la figura 11-2.



Figura 11 - 2 Calibración la banda transportadora
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5 Diseño e Implementación del Sistema Eléctrico

2.5.1 Diseño

2.5.1.1 Diagrama

A continuación en la figura 12 - 2 se puede ver el Diseño del Diagrama de Fuerza realizado en el software Microsoft Visio.

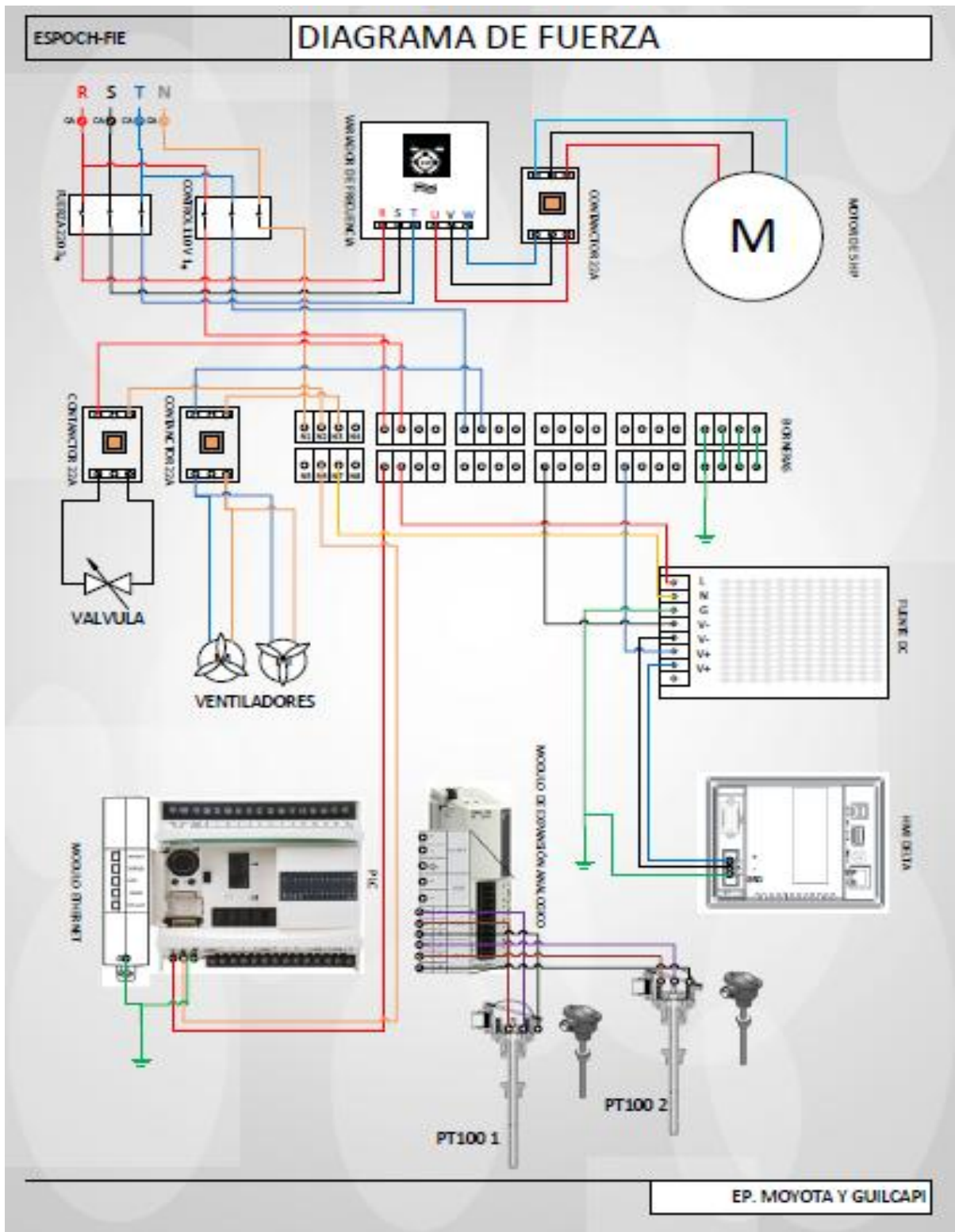


Figura 12 - 2 Diagrama de Fuerza

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Se puede visualizar el Diseño del Diagrama de Control realizado en el software Microsoft Visio en la figura 13-2.

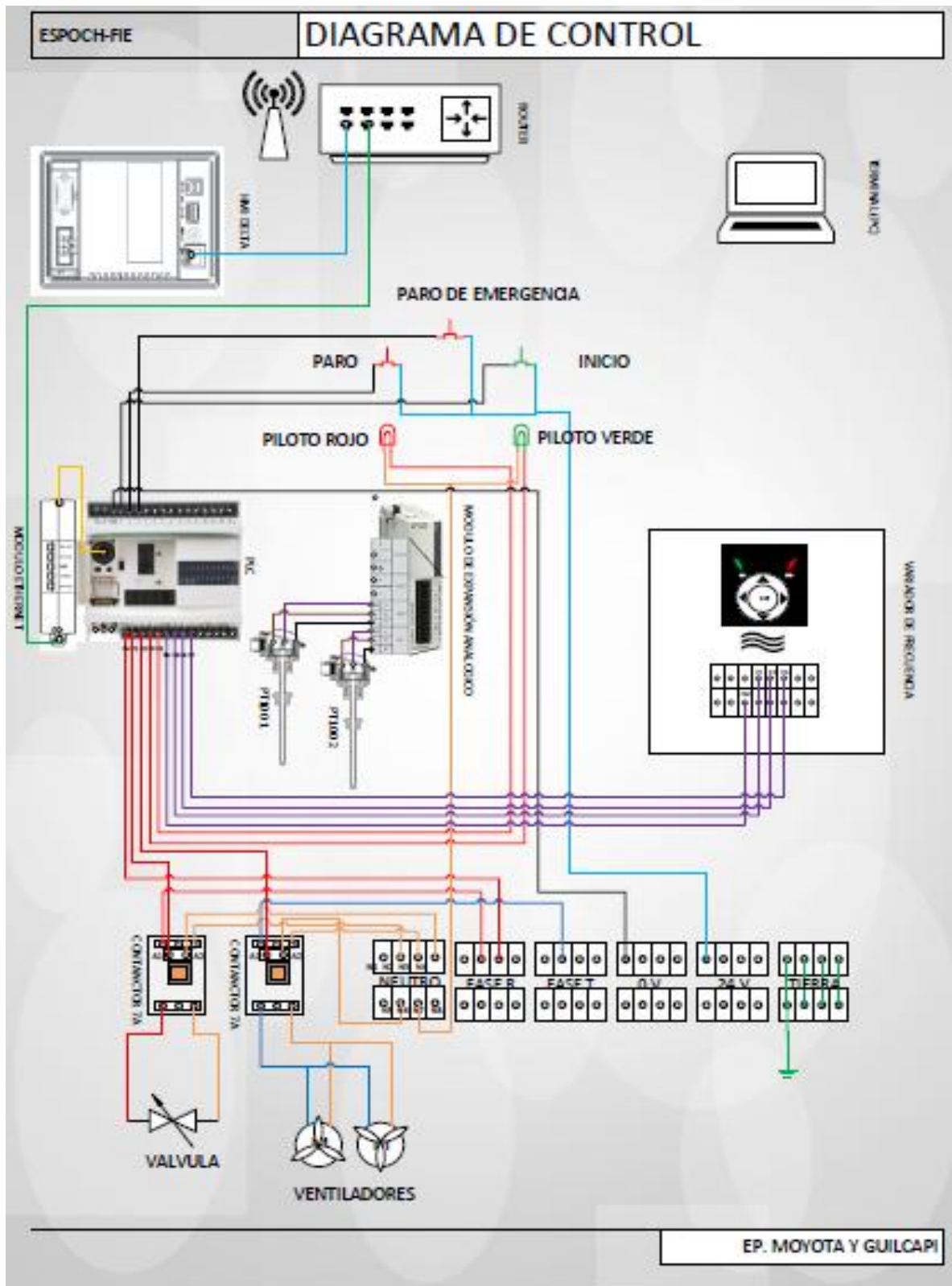


Figura 13 - 2 Diagrama de Control
 Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.1.2 Dimensionamiento Protecciones para Cargas Trifásicas y Monofásica

Par realizar el cálculo de protecciones se utilizó el método de dimensionamiento por corriente con la siguiente ecuación:

Ecuación 11 - 2 Ecuación corriente de protección

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

- **Censo de Carga Red Trifásicas**

MOTOR

Datos:

Voltaje= 220V trifásico

Potencia= 5 HP = 3728,5 W

Corriente nominal Motor (In)= 14,8 A

Cálculo de la protección del Motor

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 14,8$$

$$I_p = 18,5A$$

VARIADOR DE FRECUENCIA

Datos:

Voltaje= 220V trifásico

Corriente nominal Variador de Frecuencia (In)= 1,6 A

Cálculo de la protección del Variador de Frecuencia

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 1,6$$

$$I_p = 2A$$

En la tabla 6-2 se muestra el Censo de la carga Trifásica del tablero de Control implementado.

Tabla 6 - 2 Censo de Carga Red Trifásica

| Descripción | Corriente Protección | Cantidad | Corriente total |
|-------------------------------|----------------------|----------|-----------------|
| Motor Trifásico | 18,5 | 1 | 18,5 |
| Variador de Frecuencia iG5A | 2 | 1 | 2 |
| Corriente de Protección Total | | | 20,5 A |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para la protección de la Red Trifásica es necesario un breacker de 3 polos a 20 A.

Censo de Cargas Red Monofásicas

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Datos:

Voltaje= 110V

Potencia = 100 W

Cálculo de la Protección Fuente de Alimentación

$$I_{nominal} = \frac{P}{V}$$

$$I_{nominal} = \frac{100}{110}$$

$$I_{nominal} = 0,91A$$

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 0,91$$

$$I_p = 1,14A$$

PLC

Datos:

$$\text{Voltaje} = 110V$$

$$\text{Potencia} = 40 W$$

Cálculo de la Protección del PLC

$$I_{nominal} = \frac{P}{V}$$

$$I_{nominal} = \frac{40}{110}$$

$$I_{nominal} = 0,36A$$

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 0,36$$

$$I_p = 0,45A$$

VENTILADORES

Datos:

$$\text{Voltaje} = 110 V$$

$$\text{Corriente nominal Ventiladores (In)} = 1,7 A$$

Cálculo de la Protección de los Ventiladores

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 1,7$$

$$I_p = 2,13A$$

ELECTROVÁLVULA ON/OFF

Datos:

$$\text{Voltaje} = 110 \text{ V}$$

$$\text{Potencia} = 10W$$

Cálculo de la Protección Electroválvula ON/OFF

$$I_{nominal} = \frac{P}{V}$$

$$I_{nominal} = \frac{10}{110}$$

$$I_{nominal} = 0,09A$$

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 0,09$$

$$I_p = 0,11A$$

HMI

Datos:

$$\text{Voltaje} = \text{DC } 24 \text{ V}$$

$$\text{Corriente nominal } I = 300 \text{ mA} = 0.3 \text{ A}$$

Cálculo de la Protección HMI

$$I_p = 1.25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1.25 * 0,3$$

$$I_p = 0,38A$$

En la tabla 7-2 se muestra el Censo de la carga de la red Monofásica del tablero de Control implementado.

Tabla 7 - 2 Censo de Carga Red Monofásica

| Descripción | Corriente Protección | Cantidad | Corriente total |
|-------------------------------|----------------------|----------|-----------------|
| Fuente de Alimentación | 1,14 | 1 | 1,14 |
| PLC | 0,45 | 1 | 0,45 |
| Ventiladores | 2,13 | 2 | 4,26 |
| Electroválvula ON/OFF | 0,11 | 1 | 0,11 |
| HMI | 0,38 | 1 | 0,38 |
| Corriente de Protección Total | | | 6,34 A |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para la protección de la Red Monofásica es necesario un breacker de 2 polos a 10 Amperios.

2.5.1.3 Dimensionamiento de Contactores

Los contactores fueron utilizados en el motor, ventiladores y electroválvula ON/OFF, se procedió a tomar la corriente nominal de las cargas. En la tabla 8-2 observamos el dimensionamiento de los contactores que fueron utilizados en el tablero de control y fuerza.

Tabla 8 - 2 Dimensionamiento de Contactores

| DISPOSITIVO | CORRIENTE NOMINAL | VALOR DEL CONTACTOR |
|-----------------------|-------------------|---------------------|
| Motor Trifásico | 14,8 A | 20 A |
| Ventiladores | 1.7 A | 5 A |
| Electroválvula ON/OFF | 1.1 | 5A |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.1.4 Dimensionamiento de Conductores

Para realizar el dimensionamiento de los conductores a utilizar en la implementación del sistema eléctrico, calculamos la caída de tensión para el circuito monofásico y trifásico con las ecuaciones 12-2 y 13-2, teniendo en cuenta que no debe superar el 5%.

Ecuación 12 - 2 Caída de Tensión Circuito Trifásico

$$\Delta V = \sqrt{3} I R L$$

Ecuación 13 - 2 Caída de Tensión Circuito Monofásico

$$\Delta V = 2 I R_e L$$

Dónde:

L = Distancia De La Fuente Hacia La Carga

Re = Resistencia Especifica Del Conductor

I = Corriente de la carga

En la tabla 9-2 se describe las dimensiones y características para calcular el número de calibre de los conductores eléctricos.

Tabla 9 - 2 Cálculo del Calibre de Conductores

| CALIBRE | ÁREA SECCIÓN APROX. | # DE ALAMBRES | DIÁM. NOMINAL CONDUCT. | ESPESOR DEL AISLAMIENTO NOMINAL | DIÁM. TOTAL APROX. | PESOTOTAL APROX. | RESIST. ELÉCTRICA A CADA 20°C (1) | AMPACIDAD AL AIRE LIBRE A 30°C (2) AMPERES | | |
|---------|---------------------|---------------|------------------------|---------------------------------|--------------------|------------------|-----------------------------------|--|-----|-----|
| | | | | | | | | 60° | 75° | 90° |
| AWG | mm ² | | Mm | mm | mm | kg/100m | ohm/km | | | |
| 18 | 0,82 | 1 | 1,02 | 0,76 | 2,54 | 0,9 | 21,03 | - | - | - |
| 16 | 1,31 | 1 | 1,29 | 0,76 | 2,81 | 1,9 | 13,20 | - | - | 18 |
| 14 | 2,08 | 1 | 1,63 | 0,76 | 3,15 | 2,7 | 8,28 | 20 | 20 | 25 |
| 12 | 3,31 | 1 | 2,05 | 0,76 | 3,57 | 3,9 | 5,21 | 25 | 25 | 30 |
| 10 | 5,26 | 1 | 2,59 | 0,76 | 4,11 | 5,8 | 3,28 | 30 | 35 | 40 |
| 8 | 8,37 | 1 | 3,26 | 1,14 | 5,54 | 9,8 | 2,06 | 40 | 50 | 55 |
| 6 | 13,3 | 1 | 4,12 | 1,52 | 7,16 | 15,8 | 1,30 | 55 | 65 | 75 |

Fuente: <https://iguerrero.files.wordpress.com/2009/05/kobrex-thw-vinikob-tabla.jpg>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Caída de Tensión Circuito Trifásico

Motor Trifásico 5 HP

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Voltaje de funcionamiento | V = 220 V |
| Corriente | I = 14,8 A |
| Longitud | L = 3 m = 0.003 Km |

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 12-2 porque es un Sistema Trifásico.

Cable Número 12

La resistencia de $3.28 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #12 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = \sqrt{3} I R L$$

$$\Delta V = \sqrt{3} (14,8A) \left(3.28 \frac{\Omega}{km} \right) (0.003 km)$$

$$\Delta V = 0.25$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{220} = \frac{0.25 * 100}{220} = 0.23$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

Variador de Frecuencia

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Voltaje de funcionamiento | V = 220 V |
| Corriente | I = 1,6 A |
| Longitud | L = 3 m = 0.003 Km |

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 12-2 porque es un Sistema Trifásico.

Cable Número 12

La resistencia de $3.28 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #12 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = \sqrt{3} I R L$$

$$\Delta V = \sqrt{3} (1,6A) \left(3.28 \frac{\Omega}{km} \right) (0.003 km)$$

$$\Delta V = 0.03$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{220} = \frac{0.03 * 100}{220} = 0.01$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

Caída de Tensión Circuito Monofásico

Fuente de Alimentación

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Voltaje de funcionamiento $V = 110 \text{ V}$

Corriente $I = 0,91 \text{ A}$

Longitud $L = 3 \text{ m} = 0.003 \text{ Km}$

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 16

La resistencia de $13.20 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #16 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(0,91A) \left(13.20 \frac{\Omega}{km} \right) (0.003km)$$

$$\Delta V = 0.07$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{110} = \frac{0.07 * 100}{110} = 0.06$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

PLC

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Voltaje de funcionamiento $V = 110 \text{ V}$

Corriente $I = 0,36 \text{ A}$

Longitud $L = 3 \text{ m} = 0.003 \text{ Km}$

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 16

La resistencia de $13.20 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #16 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(0,36A) \left(13.20 \frac{\Omega}{km} \right) (0.003km)$$

$$\Delta V = 0.03$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{110} = \frac{0.03 * 100}{110} = 0.03$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

HMI

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

| | |
|---------------------------|--------------------|
| Voltaje de funcionamiento | V = 24 Vcc |
| Corriente | I = 0,3 A |
| Longitud | L = 3 m = 0.003 Km |

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 16

La resistencia de $13.20 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #16 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(0,3A) \left(13.20 \frac{\Omega}{km} \right) (0.003km)$$

$$\Delta V = 0,024$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{24} = \frac{0,024 * 100}{24} = 0.1$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

Ventiladores

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Voltaje de funcionamiento $V = 110 \text{ V}$
 Corriente $I = 1,7 \text{ A}$
 Longitud $L = 4 \text{ m} = 0.004 \text{ Km}$

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 16

La resistencia de $13.20 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #16 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(1,7A) \left(13.20 \frac{\Omega}{km} \right) (0.004km)$$

$$\Delta V = 0.18$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{110} = \frac{0.18 * 100}{110} = 0.16$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

Electroválvula ON/OFF

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Voltaje de funcionamiento $V = 110 \text{ V}$
 Corriente $I = 0,09 \text{ A}$
 Longitud $L = 4 \text{ m} = 0.004 \text{ Km}$

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 16

La resistencia de $13.20 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #16 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(0,09A) \left(13.20 \frac{\Omega}{km} \right) (0.004km)$$

$$\Delta V = 0.0095$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{110} = \frac{0.0095 * 100}{110} = 0.0086$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

Sensor PT100

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

Voltaje de funcionamiento $V = 24 V_{cc}$

Corriente $I = 0,002 A$

Longitud $L = 4 m = 0.004Km$

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 18

La resistencia de $21,03 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #18 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(0,002A) \left(21,03 \frac{\Omega}{km} \right) (0.004km)$$

$$\Delta V = 0.00034$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{24} = \frac{0.00034 * 100}{24} = 0.0014$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

Luces Piloto

Para realizar el cálculo del conductor para este dispositivo se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Voltaje de funcionamiento | V = 110 |
| Corriente | I = 0,02 A |
| Longitud | L = 2 m = 0.002Km |

La caída de tensión se calculó utilizando la ecuación 13-2 porque es un Sistema Monofásico.

Cable Número 18

La resistencia de $21,03 \frac{\Omega}{km}$ pertenece al conductor #18 AWG según la tabla 9-2.

$$\Delta V = 2IRL$$

$$\Delta V = 2(0,02A) \left(21,03 \frac{\Omega}{km} \right) (0.002km)$$

$$\Delta V = 0.0017$$

$$\Delta V = \frac{\Delta V * 100}{110} = \frac{0.0017 * 100}{110} = 0.0015$$

La caída de tensión debe ser menor al 5% para que el conductor calculado sea el correcto.

El calibre del conductor de todos los dispositivos que se utilizó se visualiza en la tabla 10-2:

Tabla 10 - 2 Dimensionamiento de conductores

| DISPOSITIVO | CORRIENTE | CAÍDA DE VOLTAJE (%) | CALIBRE AWG |
|----------------------------|------------------|-----------------------------|--------------------|
| Circuito Trifásico | | | |
| Motor | 14,8 A | 0.25 | 12 AWG |
| Variador de Frecuencia | 1,6 A | 0.03 | 12 AWG |
| Circuito Monofásico | | | |
| Fuente de Alimentación | 0,91 A | 0.07 | 16 AWG |
| PLC | 0,36 A | 0.03 | 16 AWG |
| HMI | 0,3 A | 0,024 | 16 AWG |
| Ventiladores | 1,7 A | 0,18 | 16 AWG |
| Electroválvula ON/OFF | 0,09 A | 0,0095 | 16 AWG |
| PT100 | 0,002 A | 0,00034 | 18 AWG |
| Luz | 0,02 A | 0,0017 | 18 AWG |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.2 Implementación

Con el dimensionamiento del conductor para cada dispositivo y el diseño del circuito de control y mando se realizó la respectiva implementación, el procedimiento explicamos a continuación:

2.5.2.1 Distribución de Riel Din y Canaletas

Se realizó la distribución adecuada de cada uno de los dispositivos, luego colocamos el riel din y las canaletas para la ubicación de dichos dispositivos como se muestra a continuación en la figura 14- 2



Figura 14 - 2 Colocamos Riel din y Canaletas en el tablero de Control
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.2.2 *Ubicación de los dispositivos en el Tablero*

Se colocó los componentes eléctricos (breakers, contactores, borneras) y electrónicos (módulo de expansión analógico, PLC, fuente de alimentación, variador de frecuencia, tarjeta ethernet) en las rieles como se muestra en la figura 15-2.

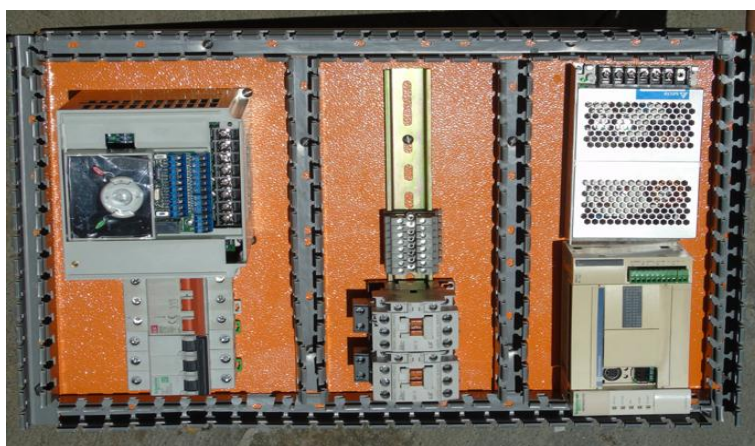


Figura 15 - 2 Colocación de los componentes eléctricos y electrónicos
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.2.3 *Cableado de los dispositivos de Protección y Control*

En la figura 16-2 realizamos el cableado correspondiente utilizando la dimensión del conductor calculado anteriormente.



Figura 16 - 2 Conexión de los componentes eléctricos y electrónicos
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.2.4 Colocación Pantalla HMI, Luces, Pulsadores y Botón de Emergencia

Se colocó en la tapa del tablero las luces piloto, los pulsadores, botón de emergencia y HMI como se muestra en la figura 17-2



Figura 17 - 2 Colocación pantalla HMI
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.2.5 Conexión Router, Pantalla HMI, Pulsadores y Botón de Emergencia

En la tapa del tablero se realizó la conexión del Router, luces piloto, pulsadores, botón de emergencia y HMI como se muestra en la siguiente figura 18-2.



Figura 18 - 2 Conexión pantalla HMI y Router
 Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.5.2.6 Tablero Terminado

Se muestra el tablero ya terminado interior y exterior en la figura 19-2



Figura 19 - 2 Tablero de Control y Mando terminado
 Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.6 Implementación del Sistema Electrónico

Se colocó dos sensores de temperatura (PT100), el primer sensor se lo en al $\frac{1}{2}$ de la longitud de la banda transportadora y el segundo se lo coloco a los $\frac{3}{4}$ de la longitud del equipo como se muestra en la siguiente figura 20-2.



Figura 20 - 2 Implementación Sensores de Temperatura
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.7 Programación del PLC

La programación del PLC realizara las siguientes funciones:

Al ingresar el producto a ser deshidratado desde la tolva, se procedió a dar el primer paso de "LLENADO", este desciende hacia la banda transportadora con el trabajo de las vibraciones generadas por el moto vibrador ubicado en la parte externa inferior de la tolva; al dar el segundo paso "INICIO" desde el HMI se activa la banda trasportadora hasta su posición de inicio y el tiempo transcurrido es controlado desde los temporizadores del PLC, la activación de "BALANCEO" puede darse desde el HMI, y esto hará que la banda se mueva de una forma continua hacia atrás y hacia adelante, una vez cumplidos con los tiempos de deshidratación el PLC hará que la banda trasportador gire hacia adelante para desfogar el producto deshidratado.

En una fase paralela, según la temperatura ingresada en el HMI y la temperatura leída por los sensores (PT100), se dará el paso de vapor desde la caldera hacia la cámara de deshidratación mediante la válvula ON/OFF, la cual es controlada con el PLC por comparadores.

Para el desarrollo del LADDER se identificaron las entradas y salidas digitales/analógicas.

2.7.1 Entradas Digitales

En la tabla 11-2 se describen las entradas digitales que se utilizo para programar el PLC.

Tabla 11 - 2 Entradas Digitales

| DESCRIPCIÓN | DESIGNACIÓN |
|---------------------|--------------------|
| Botón de Avance | %I0.0 |
| Botón de Paro | %I0.1 |
| Botón de Emergencia | %I0.2 |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.7.2 Salidas Digitales

En la tabla 12-2 se describen las salidas digitales que se utilizó para programar el PLC.

Tabla 12 - 2 Salidas Digitales

| DESCRIPCIÓN | DESIGNACIÓN |
|--------------------|--------------------|
| VALVULA | %Q0.0 |
| VENTILADORES | %Q0.1 |
| PILOTO_VERDE | %Q0.2 |
| PILOTO_ROJA | %Q0.3 |
| P1_A VANCE | %Q0.4 |
| P2_ATRAS | %Q0.5 |
| MOTOVIBRADOR | %Q0.9 |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.7.3 Entradas Analógicas

Para programar el PLC se utilizó las entradas analógicas que se describen en tabla 13-2.

Tabla 13 - 2 Entradas Analógicas

| DESCRIPCIÓN | DESIGNACIÓN |
|--------------------|--------------------|
| PT100 A | %IW1.0 |
| PT100 B | %IW1.1 |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.8 Programación HMI

La programación se la realizó con el software DOPsoft, donde se especificó el equipo con el cual se trabajará, posterior se dio la manera de comunicación con los diferentes puertos de comunicación existentes, en el caso de este trabajo de titulación se usó el protocolo de comunicación TCP/IP, este procedimiento dio paso a la ubicación de las distintos elementos como pulsadores momentáneos y permanentes, display numérico y alfanumérico cambiando sus características y asignándole direcciones en caso de ser necesario.

Inicialización y asignación de direcciones de red.

La figura 21-2 muestra la pantalla inicial del programa DOPsoft.



Figura 21 - 2 Pantalla Inicial Programa DOPSoft
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Se dio clic en File – new abriendo la ventana de la figura 22-2, en la que se debió seleccionar el modelo B03E211 que corresponde al HMI a utilizar.

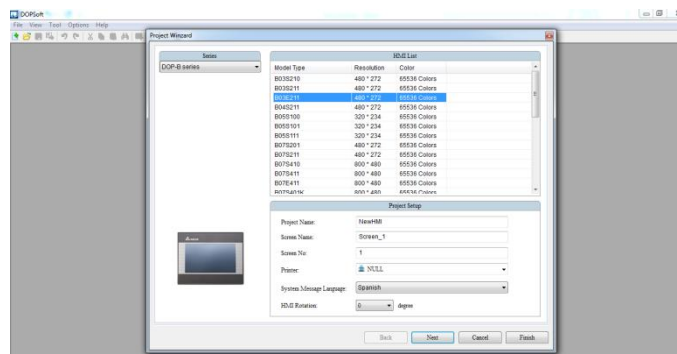


Figura 22 - 2 Pantalla para seleccionar el HMI
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la pantalla de la figura 22-2 se dio el nombre del proyecto, el idioma español para trabajar, y la rotación de la pantalla en cero grados. Luego se procedió a dar clic en el recuadro next generando la pantalla de la figura 23-2.

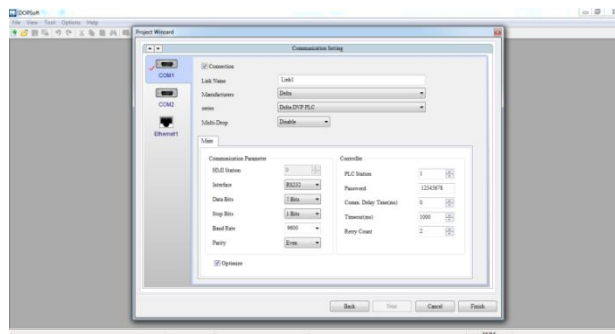


Figura 23 - 2 Pantalla con los puertos de Comunicación
Realizado por: Moyota, Byron; Guilcapi Lidia, 2016

En la pantalla de la figura 23-2 se mostraron los puertos de comunicación COM 1 y 2, y el puerto Ethernet1, de los cuales se habilito solo el puerto Ethernet1, y añadiremos una nueva configuración desde la pestaña Device.

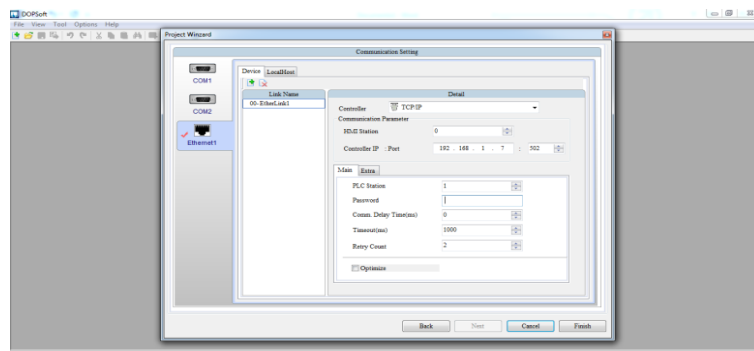


Figura 24 - 2 Pantalla para seleccionar el puerto de comunicación Ethernet
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la figura 24-2 se desplego la pestaña “Controller” de la cual se abrió la carpeta “Modbus” y se escogió la opción “TCP/IP”. En la ventana de “Controller IP: Port” se ingresó la dirección 192.168.1.7 correspondiente a PLC, con puerto 502, el password fue borrado.

A continuación señalamos la pestaña “LocalHost” y nos mostró la figura 25-2, se asignó la dirección del host en este caso de la pantalla HMI 192.168.1.10, junto con su máscara 255.255.255.0 y puerta de enlace 192.168.1.1 respectivamente, al dar clic en “Finish” se abrirá la ventana para la creación de interfaz hombre máquina.

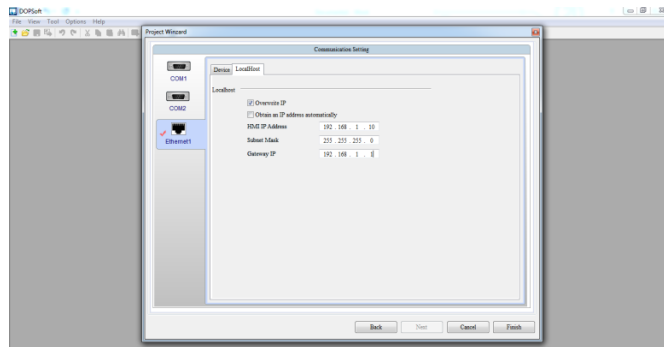


Figura 25 - 2 Pantalla para ingresar Dirección IP del HMI
Realizado por: Moyota B, Guilcapi L, 2016

2.8.1 Creación de las pantallas del HMI

En esta parte se procedió a crear las diferentes pantallas de interacción con sus respectivos elementos, luego de dar clic en finalizar la etapa anterior, se dio la aparición de la ventana que se muestra en la figura 26-2.

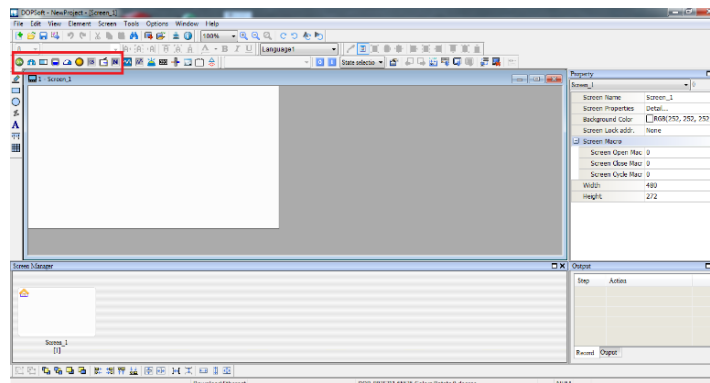


Figura 26 - 2 Creación de Pantallas de interacción con sus elementos
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para ingresar diferentes elementos se usó la barra de herramientas que se muestra como remarcado, con el primer icono "Button", donde se pudieron elegir las diferentes clases de botones existentes para la creación y uso de las pantallas. El séptimo y noveno icono corresponde los displays numéricos y alfanuméricos. Estos elementos se los selecciono, y se los dibujo en el recuadro de color blanco que es el área de trabajo, en el cual una vez ubicado se procedió a cambiar su tamaño y forma modificando sus atributos. Se muestra es resultado de haber ingresado un botón momentáneo en la figura 27-2.

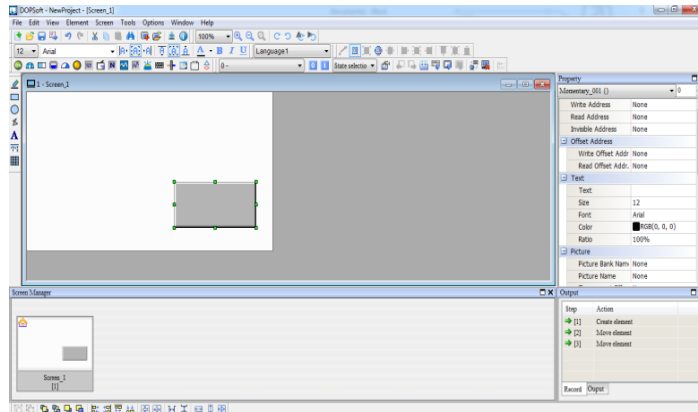


Figura 27 - 2 Ingreso de Botones
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Para abrir la propiedad del botón se dio doble clic sobre el mismo, en el cual se podrán cambiar atributos como forma, tamaño, color, asignación de texto o imágenes en los dos estados del mismo (activado e inactivo).

De la misma forma se crearon los displays numéricos o alfanuméricos, para lectura o escritura de parámetros en el PLC.

2.8.2 *Asignación de direcciones internas y externas.*

Los principales tipos de memoria existentes en HMI son internas y externas, las memorias de tipo internas fueron usadas para el manejo de asignaciones o lecturas dentro las pantallas, las memorias de tipo externa fueron usadas para la lectura y escritura hacia el PLC, cabe recalcar que las memorias en el PLC de tipo decimal, fueron tomadas o interpretadas por el HMI como hexadecimal, es decir la memoria número 52 en el PLC fue tomada como 34 para el manejo en la HMI. En la figura 28-2 se muestra la ventana en la cual se procedió con la asignación de las diferentes memorias para los elementos utilizados.

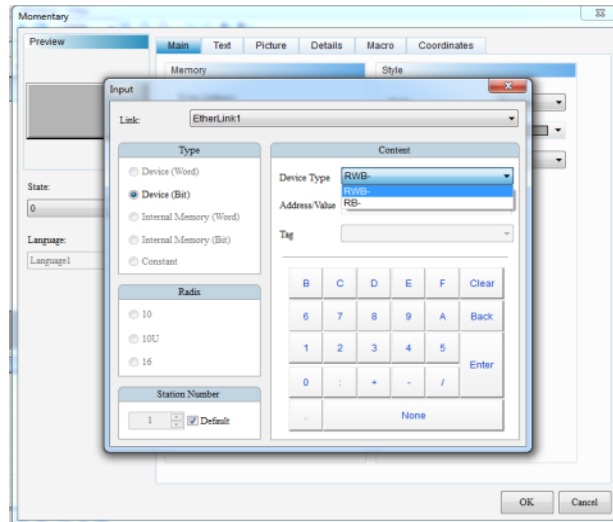


Figura 28 - 2 Asignación de Memorias Internas y Externas
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Dentro de las memorias externas o Etherlink1 existen de dos tipos: escritura (RWB-) y lectura (RB-), esto se usó dependiendo de la necesidad del programa creado en el HMI.

2.8.3 Creación de RÉCIPE BATCH.

El HMI delta ofrece la opción para la creación y manejo de RÉCIPE BATCH, para lo cual se procedió a desplegar “Opciones” desde la barra de tareas del programa DopSoft, en la figura 29-2 se observa el menú desplegado en el cual se seleccionó “Recipe”.

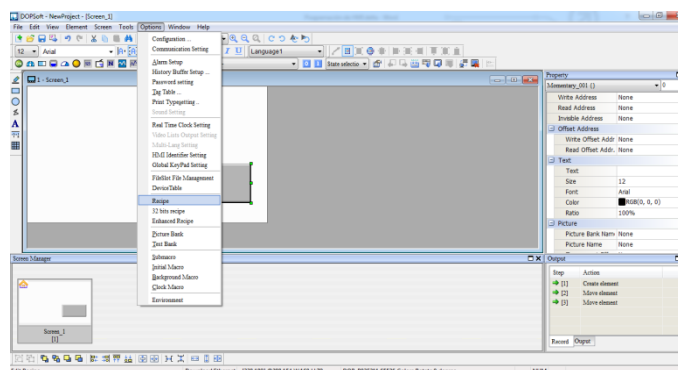


Figura 29 - 2 Pantalla para crear Recipe Batch
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Una vez seleccionado Récipe se habilito dando visto en el recuadro superior izquierdo como se visualiza en la figura 30-2.

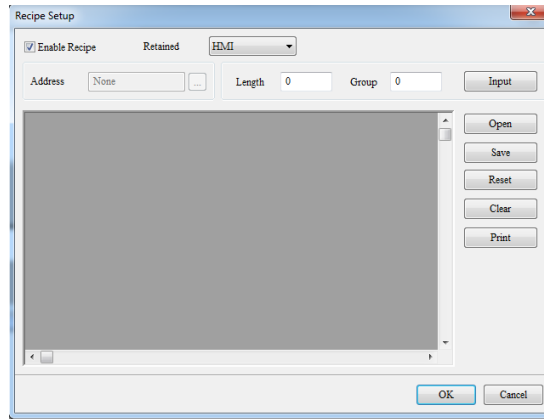


Figura 30 - 2 Pantalla para habilitar Recipe Batch
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la ventana se eligió el HMI como unidad de almacenamiento teniendo la opción de guardar en una memoria USB, posterior se ingresó el tamaño de la matriz para la creación de la RECIPe BATCH.

Este trabajo de titulación se manejan dos parámetros para la deshidratación de los vegetales, que son la temperatura y el tiempo, por lo tanto se creó una matriz de dos columnas y cuatro filas (grupos), el número de filas se lo dio por el tamaño de la pantalla.

Las direcciones en las cuales se alojan los valores de tiempo y temperatura en el PLC son 52 y 53 que como se explicó anteriormente para el HMI en hexadecimal serán 34 y 35 respectivamente, en el recuadro de "Address" se procedió a ingresar el valor de 34 por ser el primero, que en caso existieran más parámetros para el RECIPe BATCH estos deberán ser continuos.

Como paso final en la figura 31-2 se procedió a dar valores a cada uno de los términos de cada grupo o fila dependiendo de los parámetros para la alverja, frejol, ají y uvas.

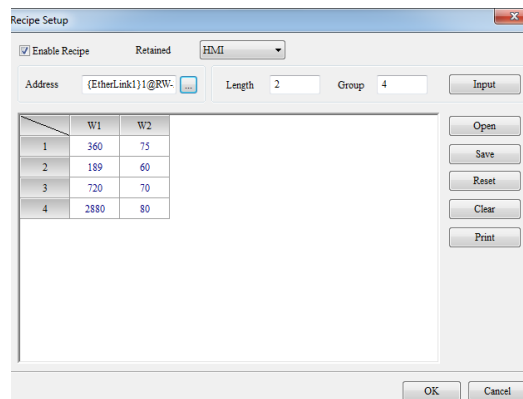


Figura 31 - 2 Asignación de valores para Recipe Batch
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

El HMI debe configurar una memoria la cual indicara: el cambio del número del RECIPE BATCH, la lectura, la escritura del RECIPE BATCH, con valor de bit de 0 1 2 respectivamente, la figura 32-2 fue obtenida por el ingreso a “Options” y coger configuraciones.

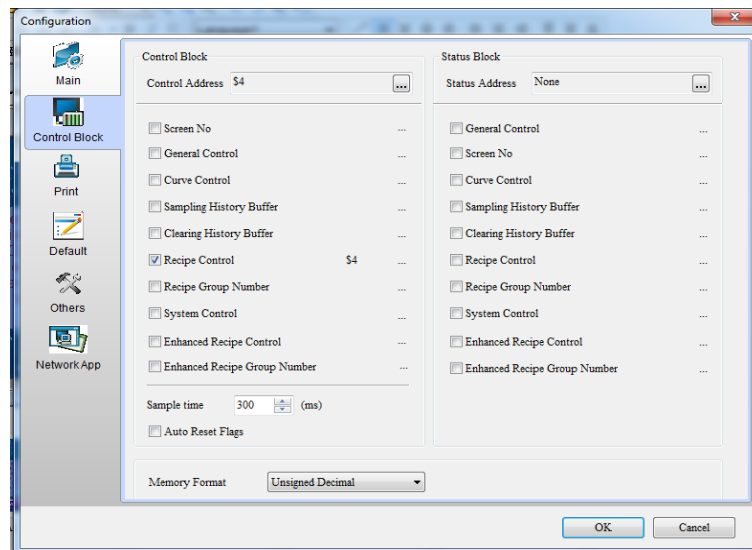


Figura 32 - 2 Pantalla de configuración para el manejo de Recipe Batch
Realizado por: Moyota, Byron; Guilcapi, Lidia, 2017

En la pestaña Control Block permite asignar una memoria para el control de la RECIPE BATCH, en este caso fue asignada la memoria interna 4, que en el programa fue modificada mediante un botón set según se generó la necesidad de escritura de RECIPE BATCH en el PLC.

Para el manejo del RECIPE BATCH, se creó una matriz de entradas numéricas de igual número de columnas y de número de filas superior en uno al grupo de entradas, siendo la primera fila los valores próximos a escribir en el PLC, a esta matriz creada se les dio las direcciones RCP# donde va de cero hasta el número de elementos que conforme la matriz RECIPE BATCH.

2.8.4 *Arquitectura*

A continuación se encuentran cada una de las pantallas creadas en el desarrollo del sistema de control y monitoreo mediante Recipe Batch para el deshidratador de vegetales.

Para el desarrollo de cada menú se definieron los siguientes términos:

Temperatura promedio.- Hace referencia a la temperatura ingresada por el operador en grados centígrados, ya sea de forma manual o por medio de RÉCIPE-BATCH.

Tiempo previsto.- Hace referencia a el tiempo ingresado por el operador en grados centígrados, ya sea de forma manual o por medio de RÉCIPE-BATCH.

Tiempo transcurrido.- Es el tiempo que ha transcurrido desde el inicio de la operación siendo su medida está en minutos teniendo su límite mínimo de cero y máximo el ingresado por el operador ya sea de forma manual o por medio de RÉCIPE BATCH.

SET.- Es el cambio de estado de una memoria activa, en este caso se usó para indicar que la receta ha sido grabada y cambiar el estado del indicador a rojo.

RESET.- Es el cambio de estado de una memoria a desactiva, en este caso se usó para habilitar la grabación de una nueva receta y cambiar el estado del indicador a verde.

Producto.- Es la denominación del producto que asigne el operador.

En la figura 33-2 se muestra la arquitectura empleada en la pantalla del HMI.

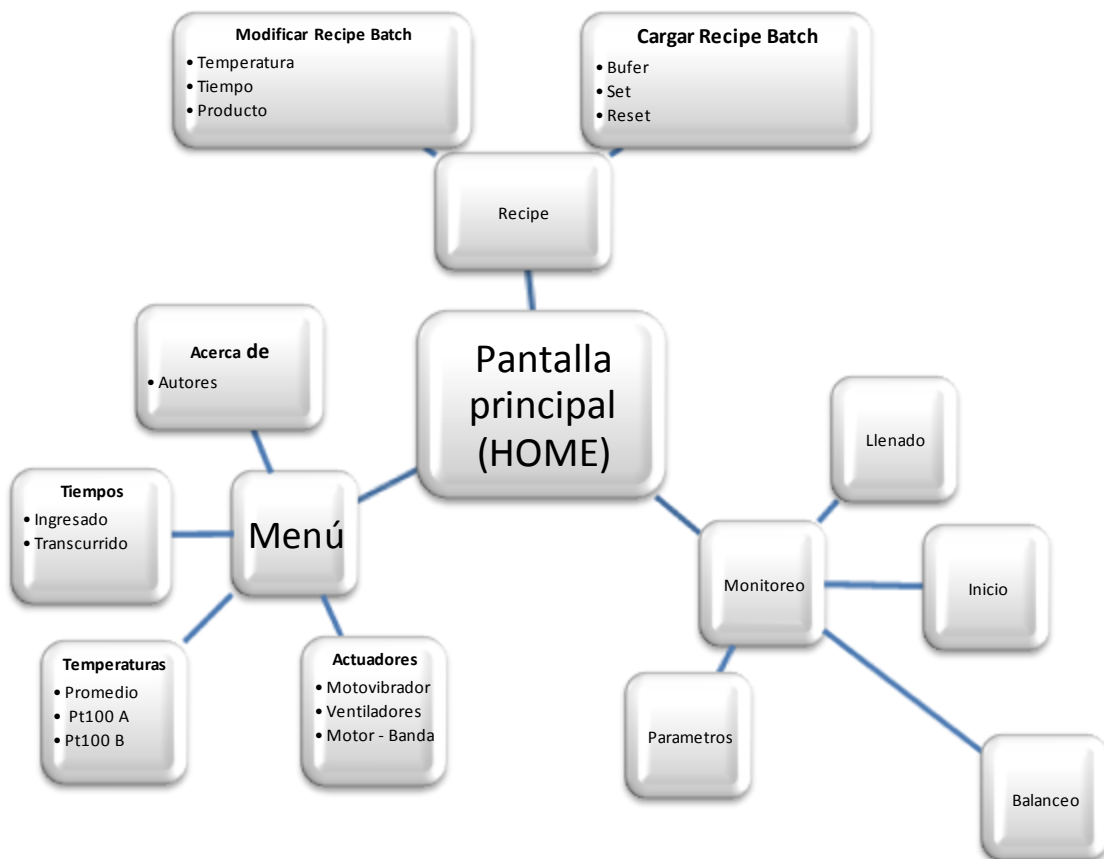


Figura 33 - 2 Arquitectura HMI

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

A continuación se describe la función que realiza cada pantalla.

2.8.5 Pantalla principal (HOME)

En la figura 34-2 se visualiza la pantalla principal del HMI, en la parte superior se ubico la temperatura promedio, el tiempo previsto y el tiempo transcurrido, en el centro de la pantalla a sus laterales se puede observar las temperaturas que fueron leídas por los sensores de temperatura (PT100A y PT100B). En la parte central se ubicó el indicador de paso de vapor, cuando no exista paso de vapor del caldero hacia la máquina la gráfica de llama será de color azul y cuando pase vapor para el calentamiento de la máquina la llama será de color naranja. En la parte inferior se ubicaron las opciones de RECIPe BATCH, MONITOREO y MENU respectivamente.

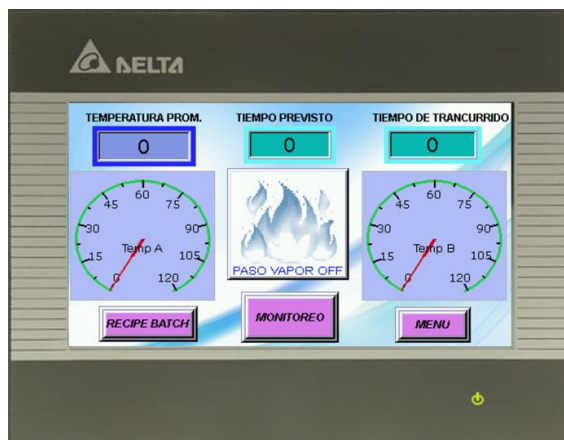


Figura 34 - 2 Pantalla Inicial HMI

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.8.5.1 RECIPe BATCH

Seleccionando RECIPe-BATCH de la figura 34-2, se programó el menú de RECIPe-BATCH como se muestra en la figura 35-2 con dos pulsadores una para modificar Recip e Batch y el otro para carga Recip e Batch hacia el PLC.



Figura 35 - 2 Pantalla de RECIPe-BATCH

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

- Modificar RECIPE-BATCH

Previo al ingreso Modificar RECIPE-BATCH se introdujo un mensaje de advertencia que se puede visualizar en la figura 36-2.

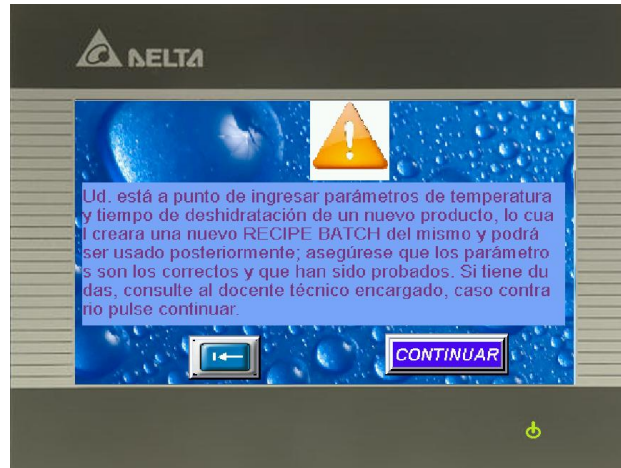


Figura 36 - 2 Pantalla para modificar RECIPE-BATCH
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Se pulsó continuar de la figura 36-2 y se ingresó a la pantalla que se observa en la figura 37-2 en esta pantalla consta de ocho memorias tipo RCP (desde la 3 a 10) y cuatro display alfanuméricos en los cuales se ingresó los parámetros de tiempo, temperatura y nombre del producto, de los vegetales que se realizó las pruebas.



Figura 37 - 2 Pantalla de ingreso de parámetros Recipe Batch
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

- Cargar RÉCIPE-BATCH

En la pantalla de la figura 38-2 se visualizó la matriz de 2x5 con sus respectivos nombres de producto, la primera fila corresponde al valor de los parámetros seleccionados y que pudieron ser cargadas a la memoria del PLC, para ello, se colocó un pulsador "SET Constant" el cual modificó el valor a cuatro de la memoria de control Recipe, permitiendo la transferencia de los valores de tiempo y temperatura al PLC; y, cambio el color del indicador a rojo lo cual significo que no puede ser cargada otro Recipe Batch hasta el reseteo de los valores mediante el pulsador reset; sin embargo al pulsar reset, el valor de la memoria de control Recipe se modifico a cero, pasando el indicador a color verde, indicando que se puede cargar otro RECIPE-BATCH seleccionado.



Figura 38 - 2 Pantalla para cargar Recipe Batch
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.8.5.2 Monitoreo

Esta pantalla se realizó para monitorear e iniciar el proceso de deshidratación como muestra la figura 39-2.



Figura 39 - 2 Pantalla monitoreo e inicio del proceso
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Los pasos para iniciar el proceso son dos:

1.- Llenado.- Se refiere al llenado de la banda transportadora en un 80%, el porcentaje restante es usado para el balanceo. Existen dos formas de llenado, la automática mediante el pulsador 1 de la pantalla con la leyenda llenado y la forma manual mediante el pulsador de color verde ubicado a un costado de la pantalla montado en la caja térmica.

2.- Inicio.- Este dará paso al conteo del tiempo de deshidratación, además de proporcionar un avance en la banda del 20% en el caso que el balanceo sea activado.

3.- Balanceo.- En esta opción se podrá utilizar con productos que no sean de forma esférica (ej. alverjas) como hojas, puesto que al activar esta opción la banda retrocederá y avanzará un 20% del recorrido de forma repetitiva. Si se activa esta opción con productos esféricos la inercia de los mismos provocará su desbordamiento.

4.- Parámetros.- En esta pantalla también se podrá monitorear los parámetros de temperatura tiempo y estado de válvula al igual que en la pantalla HOME.

2.8.5.3 Menú

En la figura 40-2 se muestra la pantalla con el menú, el cual posee varias opciones que se describen a continuación.



Figura 40 - 2 Pantalla Menú

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

- **Actuadores**



Figura 41 - 2 Pantalla de Actuadores del Equipo
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

La figura 41-2 muestra el funcionamiento de los actuadores existentes en la máquina.

Moto vibradores.- Serán activados mientras el operador active el pulsador con la leyenda del mismo.

Ventiladores.- Serán activados mientras el operador active el pulsador con la leyenda del mismo.

Motor – Banda.- Serán activados mientras el operador active el pulsador con la leyenda del mismo.

Ventiladores.- Se activan cada minuto durante todo el proceso.

- **Temperaturas**

En la figura 42-2 se muestra la ventana para monitorear la temperatura a ser deshidratado el producto.



Figura 42 - 2 Pantalla monitoreo Temperatura
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

- **Tiempo**

En la figura 43-2 se observa la ventana para monitorear el tiempo a ser deshidratado el producto.



Figura 43 - 2 Pantalla monitoreo Tiempo
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

- **Acerca de**

En la ventana de la figura 44-2 se describe los autores e institución a la que pertenece el trabajo de titulación.



Figura 44 - 2 Pantalla opción "Acerca de"
Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

2.9 Programación del Variador de Frecuencia

La programación del variador de frecuencia se lo realizó manualmente con sus teclas, en la tabla 14-2 se muestra la función de cada tecla.

Tabla 14 - 2 Teclado de programación

| VISOR | | |
|----------------|---|---|
| FWD | | Encendido durante el avance |
| REV | | Encendido durante el retroceso |
| RUN | | Encendido durante el funcionamiento |
| SET | | Encendido durante la definición de parámetros |
| 7 segmentos | | Muestran el estado de funcionamiento e información de los parámetros |
| TECLAS | | |
| RUN | | Comando de funcionamiento |
| STOP/RESE T | | STOP: Comando para detener el funcionamiento. RESET: Comando para reposición cuando se produce un fallo. |
| Subir | ▲ | Permite desplazarse por los códigos o aumentar el valor de un parámetro. |
| Bajar | ▼ | Permite desplazarse por los códigos o reducir el valor de un parámetro. |
| Izquierda | ◀ | Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la izquierda para cambiar el valor de un parámetro. |
| Derecha | ▶ | Permite saltar a otros grupos de parámetros o mover el cursor a la derecha para cambiar el valor de un parámetro. |
| Intro | ● | Permite definir el valor de un parámetro o guardar el valor modificado del parámetro |

Fuente:

http://www.transmisionesalfa.com.ar/ARCHIVOS_PDF/VARIADORES/Manuales_Espanol/Manual_iG5A_Spanish_final_090119.pdf

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Dentro de la configuración del variador se cambiaron varios parámetros del equipo de acuerdo a la necesidad de este trabajo de titulación; para la configuración se debió tomar en cuenta los parámetros los cuales se clasifican en cuatro grupos: el de accionamiento, funciones 1, funciones 2, grupo de entrada y salida como se muestra en la figura 45-2.

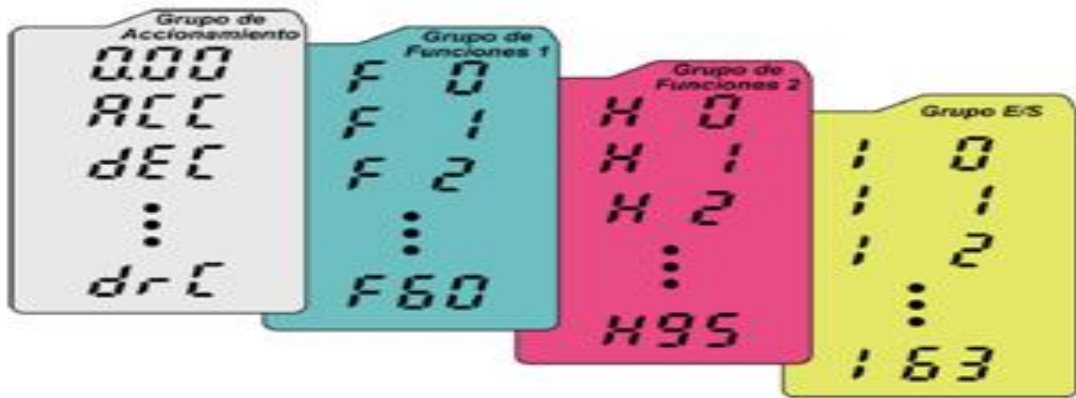


Figura 45 - 2 Grupos de parámetros del Variador de Frecuencia SV - iG5A

Fuente: http://www.transmisionesalfa.com.ar/ARCHIVOS_PDF/VARIADORES/Manuales_Espanol/Manual_iG5A_Spanish_final_090119.pdf.

Para navegar dentro de este menú se realizó el cambio entre grupos con la tecla izquierda o derecha cuando se visualizó en el LCD los encabezados de cada uno es decir 0.00, F 0, H 0 y I 0; se navegó dentro de cada grupo con las teclas de arriba o abajo.

Una vez visualizado el parámetro a modificar en el LCD del variador se pulsó la tecla intro, la cual permitió el ingreso al mismo y con el uso de las teclas direccionales se dio paso al cambio; las teclas arriba y abajo permitieron el aumento o disminución del dígito con mayor lumínica, y las teclas izquierda y derecha permitieron el cambio a los dígitos adyacentes para realizar su cambio en los casos existentes. La grabación del parámetro modificado se dio mediante la pulsación del botón intro.

Los parámetros cambiados en el grupo de accionamiento fueron:

- Comando de frecuencia (0.00).- Es la frecuencia de salida del variador y entrada al motor, en este parámetro se realizó el cambio a 05.00 Hz.
- Tiempo de aceleración/desaceleración(ACC/dEC).- Es el tiempo de arranque y paro del motor modificado a 2 segundos, que por el trabajo en baja frecuencia no son de mayor representación.
- Modo de accionamiento (drv).- Es la forma de mando para el variador, y se la hizo mediante bornes y con avance retroceso para la programación del balanceo de la banda transportadora que según el manual se modificó a la opción 1.
- Corriente de salida (Cur).- Este parámetro fue resultante de los cambios anteriores y mostro la corriente de salida hacia el motor de 7,2 A.

- Revoluciones por minuto (RPM).- Este parámetro visualizó 150 que fue número de vueltas por minuto que realizó el eje del motor.

Los parámetros cambiados en el grupo de Funciones 1 fueron:

- Inhabilitación de avance retroceso (F1).- Permite o restringe el movimiento del motor hacia adelante o hacia atrás, este parámetro fue modificado a 0.
- Frecuencia Maxima (F21).- Estableció la frecuencia máxima que puede tener el variador y fue modificado a 20 Hz.

Los parámetros cambiados en el grupo de Funciones 2 fueron:

- Selección del tipo de motor (H30).- Este parámetro fue modificado a los 3,73 kW de potencia del motor por los 5 Hp registrados en su placa de datos.
- Número de polos de motor (H31).- El número de polos del motor son 4 por ende este parámetro se modificó a 4.
- Corriente nominal del motor (H33).- Se modificó este parámetro a 14,8 (A) la cual está inscrita en la placa de datos.
- Eficiencia del motor (H36).- Según la placa de datos del motor este parámetro se modificó en 81.5.

Una vez que se dio el cambio de los parámetros, se procedió al manejo del variador mediante sus bornes P1 y P2, dentro de la implementación del variador de frecuencia se tomó como línea común al borne CM y las salidas P1, P2, P3 a la salida 5,6 y 7 del PLC, los bornes utilizados se muestra en la figura 46-2.



Figura 46 - 2 Bornes del Variador de Frecuencia

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

CAPITULO III

3 PRUEBAS Y RESULTADOS

Al finalizar la reparación de la máquina deshidratadora y la programación del PLC, variador de frecuencia y la pantalla HMI, se procedió a comprobar el funcionamiento de la máquina tanto en su parte eléctrica, electrónica y mecánica.

3.1 Sistema mecánico

Se asegura que todos los elementos del sistema de transmisión se encuentran fijos y alineados con las tensiones requeridas dando un correcto funcionamiento, la alineación de la banda transportadora evita desbordamientos de carril que pueden dar desgaste en los filos de la misma. Además los rodillos se encuentran sujetos a los ejes de transmisión de una manera segura, impidiendo así el destiempo, desalineación de la banda transportadora y que el sistema de transmisión se fragmente.

Para que no exista problema de fluidez en el sistema de transmisión se comprobó que el motor trifásico genera el torque necesario para el funcionamiento a la velocidad de trabajo de 5 Hz y se realizó la medición de la corriente de salida al motor la cual es de 6,8 A siendo esta inferior a la corriente nominal del motor de 14,8 A.

3.2 Sistema eléctrico

Dentro del sistema eléctrico se realizó la verificación de instalación de la línea trifásica de fuerza, desde el tablero de distribución hasta el tomacorriente del equipo, mediante la medición de sus voltajes afirmando el correcto dimensionamiento y estado físico de los conductores y descartando la existencia de caídas de tensión.

Para comprobar el correcto dimensionamiento del tablero eléctrico se verifica la no existencia de caídas de tensión ni calentamientos en la línea monofásica y trifásica con un multímetro digital. La distancia entre el tablero eléctrico y el tablero de distribución principal del laboratorio de Procesos Industriales es de 19 metros.

Se midió en la salida del tablero de distribución principal y en la entrada del tablero eléctrico una tensión línea - línea de 220 voltios para la línea Trifásica y un voltaje línea-neutro de 110

voltios para la línea Monofásica. Se verifica una tensión de 110 voltios a la entrada del PLC, Ventiladores, Válvula ON/OFF y una tensión de 220 voltios a la entrada del variador de frecuencia y motor trifásico de 5HP, entonces verificamos que no existe caída de tensión con respecto a la tensión de entrada al tablero de distribución principal.

En el tablero eléctrico, en la tapa en su parte inferior se encuentra ubicada la pantalla (HMI) marca Delta modelo DOP-B03E211 la cual se alimenta con 24 Vdc. De igual forma se comprueba si existe o no caídas de tensión, se midió un voltaje de 24 Vdc en la salida de la fuente de poder y en la entrada del HMI una tensión de 24 Vdc, comprobando que no existe caída de tensión en los dos extremos de los conductores.

3.3 Sistema electrónico

Para verificar el correcto funcionamiento del sistema electrónico se valida la red de comunicación entre el PLC y el HMI, visualizando las lecturas de los sensores de temperatura. Además se procede con energizar las bobinas de cada uno de los actuadores mediante la programación del PLC, comprobando así las correctas asignaciones de entradas y salidas.

3.4 Tamaño Muestral

Para que los resultados sean confiables y válidos, debemos conocer el número apropiado de muestras, para calcular el tamaño muestral y estimar una media de población infinita procedimos a utilizar la ecuación 1-3 y tabla estadística 1-3.

Tabla 1-3 Tabla para seleccionar Valores de α

| Nivel de confianza | Valor de α |
|--------------------|-------------------|
| 90% | 1,645 |
| 95% | 1,9604 |
| 99% | 2,575 |

Fuente: <http://www.scielo.org.mx/img/revistas/tca/v1n1/a6c2.jpg>

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Ecuación 1-3 Ecuación para tamaño muestral para considerar una media

$$n = \frac{Z_{\alpha}^2 * \sigma^2}{e^2}$$

Dónde:

n= número de muestras

Z_{α} es 1.9604 para el nivel de confianza del 95%

Es una constante la cual depende del nivel de confianza que elijamos, consideraremos un nivel de confianza del 95%, en este tipo de procesos se aplica es el que más se aplica, por lo que la constante es de 1.96.

σ^2 = variación presentada de 2 °C

e^2 = error deseado de 1 °C

$$n = \frac{1.96^2 * 2}{1^2}$$
$$n = 7.68$$
$$n = 8$$

Según la ecuación 1-3, debemos realizar 8 pruebas para tomar las mediciones del experimento de tal forma que al comparar los resultados con la media hallada, estos sean confiables y válidos.

3.5 Procedimiento para la Deshidratación de los Vegetales

- Conectar el enchufe zócalo de cuatro cables trifásico a su respectivo tomacorriente.
- Abrir la caja térmica para activar los disyuntores (breakers), tanto de control como de fuerza.
- Desfogar el agua existente en la caldera.
- Ingresar el agua en el depósito de la caldera alrededor de 60 litros que previamente haya sido quitado su dureza.
- Cerrar las llaves de salida de la caldera.
- Proceder a conectar la caldera a la toma de 110 voltios.
- Prender la caldera desde su respectiva caja térmica, activando el selector.
- Elegir si va usted ingresar los parámetros para la deshidratación del producto en forma manual o cargar RECIPÉ-BATCH.
- En caso se elegir ingresar los parámetros para la deshidratación realice los pasos que se describen a continuación.

- Ingresar la temperatura en grados centígrados y tiempo en minutos requeridos para la deshidratación.
- Esperar el tiempo necesario hasta que la lectura de las temperaturas corresponda a las ingresadas. (recuerde que existe una ventana de rango de 5 grados)
- Una vez obtenida la temperatura, cierre la compuerta de ingreso y coloque el producto en la tolva.
- Abra la compuerta y a continuación presione el botón "INGRESO" desde la HMI en el caso de productos con tendencia esférica (o que no tenga la dificultad de deslizarse por la tolva), si el producto presenta dificultad al deslizamiento por la tolva, evite el uso del botón "INGRESO" y ayúdese del pulsador verde "AVANCE" situado a un costado de la pantalla HMI según vaya insertando el producto, este hará que avance la banda según lo requerido.
- Presione el botón "POSICIONAMIENTO", este recorrerá la banda para poder activar el balanceo.
- En caso que desee que su producto se mueva durante la deshidratación active el interruptor "BALANCEO" desde la HMI.
Nota: No realizar el balanceo en productos totalmente esféricos como por ejemplo alverjas puesto que la inercia adquirida del producto hará que se desborde de la banda.
- Una vez cumplidos los tiempos de deshidratación la banda desfogara el producto del interior del deshidratador, si necesita más tiempo de desfogue utilizar el pulsador de color verde "AVANCE" situado a un costado del HMI.
- Pesar el producto y repetir el proceso si desea con los tiempos que necesite.
- Una vez terminado el proceso apague la cadera y desfogue el vapor con precaución, tanto de la caldera como del deshidratador desde sus respectivas llaves de desfogue.
- Abrir la caja térmica para desactivar los disyuntores (breakers), tanto de control como fuerza.
- Desconectar el enchufe zócalo de cuatro cables trifásico a su respectivo tomacorriente.

3.6 Comparación del Sistema antes y después de Implementar el Sistema de Control y Monitoreo mediante Recipe Batch.

En el gráfico 1-3 se visualiza la comparación del funcionamiento del equipo antes y después de ser implementado el sistema de control y monitoreo mediante RECIPE BATCH, se pudo observar que el tiempo que tarda en llegar a la temperatura deseada (75 ° c) para la deshidratación de la alverja es similar antes y después de la implementación la diferencia es

mínima de 2 a 3 minutos, además podemos observar que se logró eficiencia en la estabilización de la temperatura después de ser implementado el sistema de control y monitoreo.

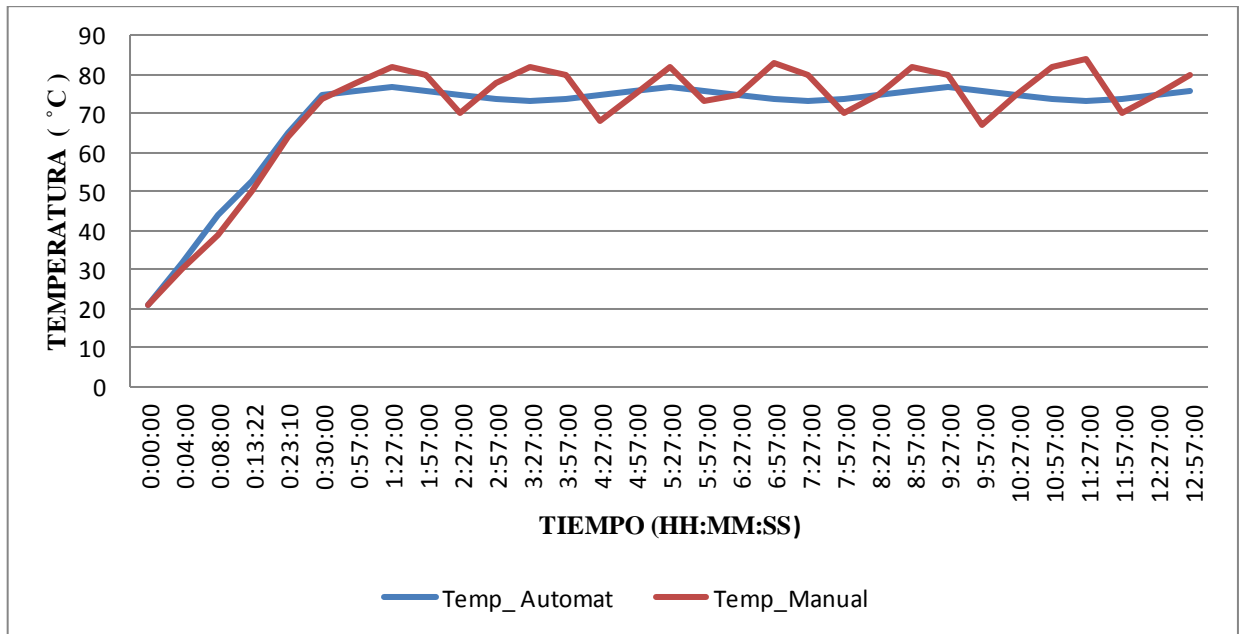


Gráfico 1 - 3 Comparación del sistema antes y después de implementar el sistema de control y monitoreo.

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

3.7 RESULTADOS DE FUNCIONAMIENTO

Para comprobar el funcionamiento del sistema de control y monitoreo mediante Recipe Batch de un deshidratador a vapor de vegetales tipo Túnel se procedió a realizar 8 pruebas, donde se realizó el calentamiento de la cámara de aireación, hasta obtener la temperatura a la cual se va a trabajar, dicha temperatura oscila de 60°C a 75°, esto depende del tipo de vegetal a ser deshidratado, las pruebas se lo realiza para una temperatura de 75°C.

Primer prueba realizada el día 17 de Noviembre del 2016 a las 18:37, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 2-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 2 - 3 Primera Prueba, Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 17 | 0 | 133 KPa | ON | ON/OFF |
| 32 | 4:02 | 178KPa | ON | ON/OFF |
| 44 | 08:33 | 206KPa | ON | ON/OFF |
| 53 | 13:47 | 252KPa | ON | ON/OFF |
| 65 | 23:08 | 273KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:00 | 304KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Segunda prueba realizada el día 18 de Noviembre del 2016 a las 08:30, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 3-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 3 - 3 Segunda Prueba, Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 18 | 00:00 | 130 KPa | ON | ON/OFF |
| 34 | 04:33 | 183KPa | ON | ON/OFF |
| 41 | 08:04 | 210KPa | ON | ON/OFF |
| 57 | 13:50 | 254KPa | ON | ON/OFF |
| 63 | 23:10 | 277KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:32 | 304KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Tercera prueba realizada el día 20 de Noviembre del 2016 a las 10:00, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 4-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 4 - 3 Tercera Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 22 | 00:00 | 131 KPa | ON | ON/OFF |
| 35 | 04:12 | 185KPa | ON | ON/OFF |
| 47 | 09:22 | 208KPa | ON | ON/OFF |
| 56 | 13:48 | 255KPa | ON | ON/OFF |
| 64 | 22:56 | 272KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:05 | 306KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Cuarta prueba realizada el día 22 de Noviembre del 2016 a las 12:37, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 5-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 5 - 3 Cuarta Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 22 | 00:00 | 133KPa | ON | ON/OFF |
| 34 | 04:23 | 178KPa | ON | ON/OFF |
| 47 | 08:37 | 206KPa | ON | ON/OFF |
| 56 | 13:50 | 252KPa | ON | ON/OFF |
| 65 | 23:14 | 273KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:00 | 304KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Quinta prueba realizada el día 24 de Noviembre del 2016 a las 09:15, para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 6-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 6 - 3 Quinta Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 21 | 00:00 | 132KPa | ON | ON/OFF |
| 37 | 05:10 | 181 KPa | ON | ON/OFF |
| 45 | 07:44 | 202KPa | ON | ON/OFF |
| 52 | 13:18 | 254KPa | ON | ON/OFF |
| 64 | 23:10 | 271 KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:08 | 302KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Sexta prueba realizada el día 26 de Noviembre del 2016 a las 14:30, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 7-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 7 - 3 Sexta Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 20 | 00:00 | 130KPa | ON | ON/OFF |
| 34 | 04:00 | 184KPa | ON | ON/OFF |
| 48 | 08:56 | 208KPa | ON | ON/OFF |
| 54 | 13:52 | 260KPa | ON | ON/OFF |
| 68 | 25:09 | 277KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:00 | 307KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Séptima prueba realizada el día 27 de Noviembre del 2016 a las 11:45, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 8-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 8 - 3 Séptima Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 21 | 00:00 | 131 KPa | ON | ON/OFF |
| 36 | 05:00 | 183KPa | ON | ON/OFF |
| 44 | 08:00 | 206KPa | ON | ON/OFF |
| 56 | 13:54 | 261 KPa | ON | ON/OFF |
| 74 | 22:10 | 273KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:00 | 308KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Octava prueba realizada el día 28 de Noviembre del 2016 a las 08:30, usada para la deshidratación de alverja con los datos de la tabla 9-3 hasta obtener la temperatura de 75 °C en la cámara de deshidratación.

Tabla 9 - 3 Octava Prueba Fase de Calentamiento de la Máquina

| Temperatura (°C) | Tiempo (minutos) | Presión | Electroválvula | Ventiladores |
|------------------|------------------|---------|----------------|--------------|
| 18 | 00:00 | 132KPa | ON | ON/OFF |
| 35 | 05:15 | 180KPa | ON | ON/OFF |
| 46 | 08:45 | 203KPa | ON | ON/OFF |
| 57 | 14:22 | 258KPa | ON | ON/OFF |
| 68 | 26:10 | 276KPa | ON | ON/OFF |
| 75 | 30:00 | 308KPa | ON | ON/OFF |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

3.8 Comparación del tiempo del proceso de Deshidratación de alverja antes y después de Implementar el Sistema de Control y Monitoreo.

En el grafico 3-3 se compara el tiempo que tardo la deshidratación de alverja tierna antes y después de implementar el sistema de control y monitoreo mediante RECIPe BATCH.

El tiempo que tardaba el proceso antes de implementar el sistema de control y monitoreo era aproximadamente siete hora con treinta minutos, donde se perdía tiempo ya que el operario abría manualmente la válvula on/off, activaba los ventiladores y tenía que estar pendiente que la temperatura permanezca lo más estable posible, etc. Implementando el sistema de control y monitoreo todas las acciones descritas anteriormente se llevan a cabo automáticamente entonces el proceso se lo realiza en siete horas, concluyendo que el tiempo se redujo en 30 minutos.

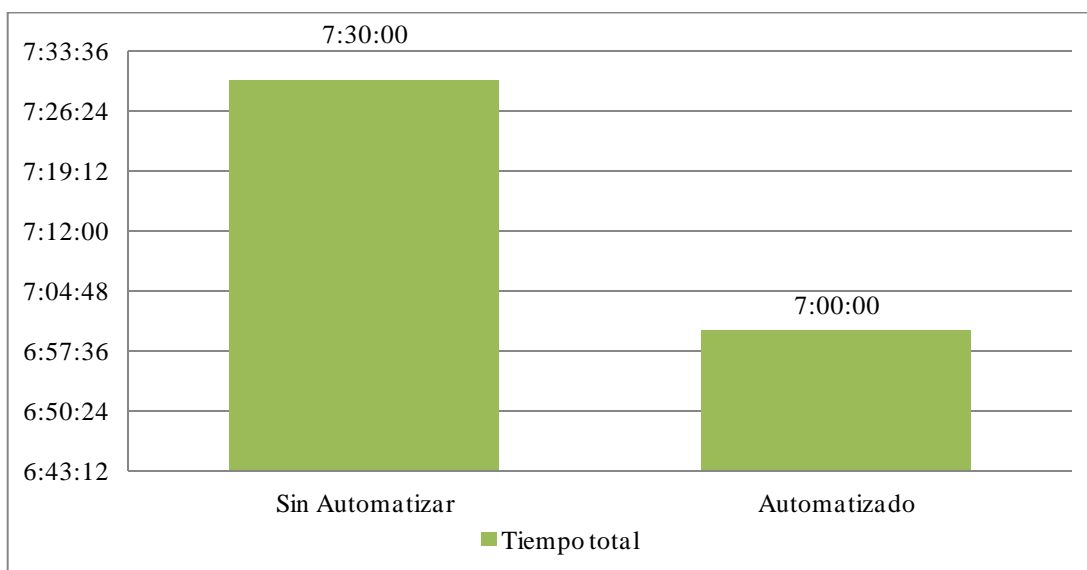


Gráfico 2 - 3 Tiempo de deshidratación antes y después de implementar el sistema de control.

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

3.9 Pruebas de Deshidratación con varios tipos de vegetales, realizadas después de la Implementación del Sistema de Control y Monitoreo mediante Recipe Batch:

Esta prueba se la realizo el día 28 de Noviembre del año 2016, para el cual se utilizó fréjol recién cosechado (tierno) y una temperatura de 70 °C para su deshidratación; en la tabla 10-3 se visualiza los parámetros como: el tiempo total de deshidratación de 15 horas, un peso inicial de 259 g, concluyendo peso final de 151g.

Tabla 10 - 3 Deshidratación de Fréjol

| Fréjol | Peso Ingreso (g) | Peso Salida(g) | Tiempo Deshidratación(h) | Hora ingreso | Hora Salida |
|----------|--------------------|----------------|--------------------------|------------------------------|-------------|
| 1° Ciclo | 259 | 278 | 06:00:00 | 18:50:00 | 12:50:00 |
| 2° Ciclo | 278 | 188 | 07:00:00 | 01:30:00 | 08:30:00 |
| 3° Ciclo | 188 | 110 | 01:00:00 | 08:31:00 | 11:31:00 |
| 4° Ciclo | 110 | 108 | 01:00:00 | 11:37:00 | 12:37:00 |
| Total | Peso Perdido 151 g | | 15:00:00 | Horas trabajadas: 17:47:00 h | |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Esta prueba se la realizo el día 30 de Noviembre del año 2016, en la cual se utilizaron uvas, estas fueron seleccionadas con un radio menor a 1,5 cm, posterior se procedió a un lavado y deshidratación a 75 °C; en la tabla 11-3 se visualiza los parámetros como: el tiempo final de deshidratación a 19 horas con 55 minutos, un peso inicial de 207 g, concluyendo un peso final de 65g.

Tabla 11 - 3 Deshidratación de Uvas

| Uvas | Peso Ingreso (g) | Peso Salida(g) | Tiempo Deshidratación(h) | Hora ingreso | Hora Salida |
|----------|--------------------|----------------|--------------------------|------------------------|-------------|
| 1° Ciclo | 207 | 199 | 03:00:00 | 14:00:00 | 17:00:00 |
| 2° Ciclo | 199 | 188 | 04:00:00 | 17:14:00 | 21:14:00 |
| 3° Ciclo | 188 | 182 | 02:30:00 | 21:30:00 | 12:00:00 |
| 4° Ciclo | 182 | 150 | 02:25:00 | 01:15:00 | 03:30:00 |
| 5° Ciclo | 150 | 145 | 04:00:00 | 03:40:00 | 07:40:00 |
| 6° Ciclo | 145 | 142 | 04:00:00 | 08:00:00 | 12:00:00 |
| Total | Peso perdido: 65 g | | 19:55:00 | Horas trabajadas: 22 h | |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

La prueba de deshidratación de acelga se la realizo el día 2 de Diciembre del año 2016, la misma que se la hizo mediante llenado manual por no tener la facilidad de deslizamiento en la tolva de ingreso, la deshidratación se la realizo a una temperatura de 60°C, en la tabla 12-3 se visualiza los parámetros como: el tiempo total de deshidratación se lo realizo en 5 horas, con un peso inicial de 166 g, concluyendo que el peso final se redujo a 122g.

Tabla 12 - 3 Deshidratación de Acelga

| Acelga | Peso Ingreso (g) | Peso Salida(g) | Tiempo Deshidratación(h) | Hora ingreso | Hora Salida |
|---------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------|-------------------------------------|--------------------|
| 1° Ciclo | 166 | 59 | 03:00:00 | 10:44:00 | 13:44:00 |
| 2° Ciclo | 59 | 55 | 01:00:00 | 14:06:00 | 15:06:00 |
| 3° Ciclo | 55 | 54 | 01:00:00 | 15:24:00 | 16:24:00 |
| Total | Peso perdido: 122 g | | 05:00:00 | Horas trabajadas: 05:40:00 h | |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

La prueba de deshidratación de ají se la realizo el día 3 de Diciembre del año 2016, esta prueba se la realizaron cortes longitudinales y se le extrajeron las semillas, posterior se realizo la deshidratación a una temperatura de 70° C; en la tabla 10-3 se visualiza los parámetros como: el tiempo de deshidratación total fue de 12 horas, con un peso inicial de 212 g, concluyendo que el peso final de 190g.

Tabla 13 -3 Deshidratación de Ají

| Ají | Peso Ingreso (g) | Peso Salida(g) | Tiempo Deshidratación(h) | Hora ingreso | Hora Salida |
|------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------------|---------------------|--------------------|
| 1° Ciclo | 212 | 206 | 00:30:00 | 10:47:00 | 11:17:00 |
| 2° Ciclo | 206 | 189 | 00:30:00 | 11:21:00 | 11:51:00 |
| 3° Ciclo | 189 | 178 | 00:30:00 | 11:55:00 | 12:25:00 |
| 4° Ciclo | 178 | 168 | 00:30:00 | 12:28:00 | 12:58:00 |
| 5° Ciclo | 168 | 156 | 00:30:00 | 13:00:00 | 13:30:00 |
| 6° Ciclo | 156 | 141 | 00:30:00 | 13:35:00 | 14:05:00 |
| 7° Ciclo | 141 | 130 | 00:30:00 | 14:11:00 | 14:41:00 |
| 8° Ciclo | 130 | 118 | 00:30:00 | 14:44:00 | 15:14:00 |
| 9° Ciclo | 118 | 107 | 00:30:00 | 15:17:00 | 15:47:00 |
| 10° Ciclo | 107 | 94 | 00:30:00 | 15:51:00 | 16:21:00 |
| 11° Ciclo | 94 | 85 | 00:30:00 | 16:24:00 | 16:54:00 |
| 12° Ciclo | 85 | 78 | 00:30:00 | 16:56:00 | 17:26:00 |

| | | | | | |
|-----------|---------------------|----|----------|------------------------------|----------|
| 13° Ciclo | 78 | 67 | 00:30:00 | 17:28:00 | 17:58:00 |
| 14° Ciclo | 67 | 60 | 00:30:00 | 18:00:00 | 18:30:00 |
| 15° Ciclo | 60 | 53 | 00:30:00 | 18:34:00 | 19:04:00 |
| 16° Ciclo | 53 | 46 | 00:30:00 | 19:07:00 | 19:37:00 |
| 17° Ciclo | 46 | 43 | 00:30:00 | 19:42:00 | 20:12:00 |
| 18° Ciclo | 43 | 38 | 00:30:00 | 20:15:00 | 20:45:00 |
| 19° Ciclo | 38 | 32 | 00:30:00 | 20:48:00 | 21:18:00 |
| 20° Ciclo | 32 | 29 | 00:30:00 | 21:23:00 | 21:53:00 |
| 21° Ciclo | 29 | 27 | 00:30:00 | 22:56:00 | 22:26:00 |
| 22° Ciclo | 27 | 25 | 00:30:00 | 22:29:00 | 22:59:00 |
| 23° Ciclo | 25 | 23 | 00:30:00 | 23:01:00 | 23:31:00 |
| 24° Ciclo | 23 | 22 | 00:30:00 | 23:33:00 | 00:03:00 |
| Total | Peso perdido: 190 g | | 12 | Horas trabajadas: 13:16:00 h | |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

En la tabla 14-3 y gráfico 3-3 se observa los parámetros que se utilizaron para la deshidratación de algunos vegetales.

Tabla 14 - 3 Resultados del tiempo y temperatura aplicados en la Deshidratación de Vegetales.

| Producto | Temperatura (° C) | Tiempo (h) |
|----------|-------------------|------------|
| Frejol | 70 | 15:00:00 |
| Uvas | 75 | 19:55:00 |
| Acelga | 60 | 5:00:00 |
| Ají | 70 | 12:00:00 |

Fuente: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

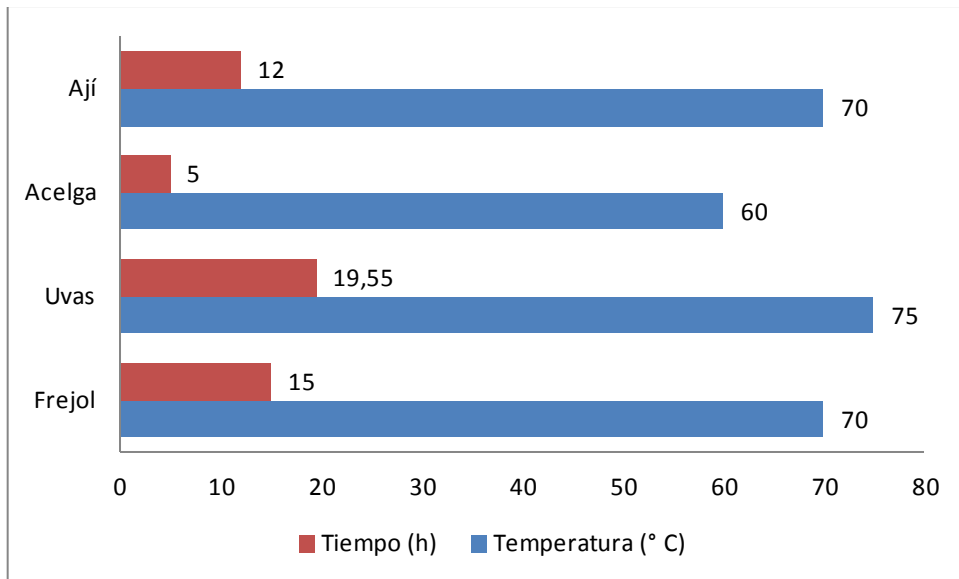


Gráfico 3 - 3 Tiempo y Temperatura de Vegetales Deshidratados.
 Realizado por: MOYOTA, Byron; GUILCAPI, Lidia, 2017

3.10 Respuestas a las Interrogantes de la Formulación del Problema.

¿Qué tipo de vegetales podrán ser deshidratados?

Los vegetales a ser deshidratados pueden ser frutas, verduras, legumbres y cereales los cuales deben poseer un tamaño menor a 1,5 cm y que no contengan un porcentaje de humedad mayor al 85% puesto que este exceso de agua genera vapor que puede afectar a las partes móviles del deshidratador y deterioro de la banda de transportación.

¿Cuáles serán los parámetros necesarios a tomar en cuenta para la deshidratación de los vegetales?

Los parámetros a tomar en cuenta son el tiempo y la temperatura, esto fue debido a que no es posible insertar otro tipo de sensor entre la cámara de aireación y la banda transportadora por su espacio reducido de 2 cm mismo que es usado en el paso del producto.

¿Cómo se realizará la revisión y arreglo del sistema eléctrico, mecánico y del sistema a vapor?

Se realizó el estado técnico del equipo donde evaluamos el sistema eléctrico, mecánico y sistema de distribución del vapor y como resultado nos dio que el Estado Técnico es Regular por lo que se procederá a una **REPARACIÓN PEQUEÑA** del equipo.

¿De qué manera se realizará la implementación del sistema de control y monitoreo mediante la técnica de RECIPE-BATCH para el deshidratador a vapor de vegetales?

Se procedió a diseñar el diagrama de fuerza y de control en el software Visio estándar de Microsoft office para luego realizar la implementación, posterior a la misma se dio la configuración y programación de PLC, HMI y variador de frecuencia, dando paso a la creación de recetas mediante el HMI.

¿Cuáles serán las ventajas de la implementación del sistema de control y monitoreo mediante la técnica de técnica RECIPE-BATCH para el deshidratador a vapor de vegetales?

Al momento de la entrega del equipo, se dejaron registradas RECIPE-BATCH de las pruebas realizadas, pudiendo setear así de una manera directa el tiempo y la temperatura a la que debe someterse cada vegetal para que se deshidrate correctamente sin la necesidad de extraer para realizar pruebas de pesado y verificación.

Se puede modificar sus parámetros para ingresar un nuevo producto a ser deshidratado, desde la pantalla HMI muy fácilmente.

Con el uso de RECIPE-BATCH, mejoro el tiempo de deshidratación ya que se suprimió los intervalos para pesar el producto, los mismos que generaban mayor tiempo en que el producto llegue a tener un porcentaje ideal de humedad para ser almacenado.

La temperatura posee un rango de variación mínimo y periódico, esto gracias al control mediante los parámetros programados dentro del PLC.

CONCLUSIONES

- La comparación antes y después de la implementación del sistema de control y monitoreo, dio como resultado un aumento del 6,66% en la eficacia del proceso de deshidratación, como consecuencia de: reducir en 30 minutos el tiempo de deshidratación y mayor estabilización en la temperatura de deshidratación.
- El diseño de construcción del deshidratador tipo túnel, permite que los parámetros a tomar en cuenta para la deshidratación de los vegetales, sean la temperatura de deshidratación y el tiempo expuesto a dicha temperatura.
- El deshidratador fue deshabilitado por varios años, desde su entrega al laboratorio de proceso industriales de la facultad de ciencias por: la monotonía en cuanto a la admisión de materia prima, el manejo manual ocasionaba falta de interés y complejidad al momento de operarlo, el uso manual generó desgaste y averías en los interruptores.
- El estado técnico del equipo realizado al inicio del trabajo de titulación, expuso de una manera clara las condiciones iniciales, permitiendo así realizar una reparación pequeña, de forma ordenada y correcta de las diferentes averías generadas, dando paso así a una forma efectiva de la implementación del sistema de control y monitoreo.
- El monitoreo del deshidratador, permite al operario una comprensión amplia y clara del proceso, permitiendo conocer el estado de los parámetros de deshidratación y facilitar el uso con diferentes productos admisibles por el equipo.
- La implementación de RECIPÉ- BATCH, mejoró el tiempo de deshidratación, al excluir el proceso de pesaje en la práctica, además de facilitar el seteo de los parámetros según los diferentes tipos de productos.

RECOMENDACIONES

- Leer el manual de usuario, previo al manejo del Deshidratador a Vapor de Vegetales, en cual se detalla el ingreso de parámetros y funcionamiento de la máquina.
- Se sugiere en el desarrollo de proyectos, tener una tendencia de uso, a una misma marca de equipos, evitando posibles inconvenientes al momento de comunicarlos entre sí.
- Establecer revisiones periódicas del sistema eléctrico, electrónico y mecánico por parte del personal encargado ya que por el entorno de funcionamiento del equipo, tiende a acumular elementos externos como polvo e impurezas que pueden afectar su funcionamiento.
- Por seguridad toda máquina para aplicaciones industriales debe contar con un paro de emergencia manual.
- Por su seguridad no acercarse al sistema de transmisión, cuando el deshidratador a vapor de vegetales esté en funcionamiento, puesto que la misma puede enredar o atraer al operario.
- Se recomienda dar mantenimiento regular el sistema de transmisión de potencia mecánica, para no tener problemas de atascamiento.
- Al diseñar e implementar el sistema de control y monitores se debe considerar los voltajes, corrientes, potencia de funcionamiento de cada uno de los dispositivos que intervendrán en el sistema.
- Antes de implementar el sistema de control y monitoreo, diseñar y realizar los respectivos diagramas de los sistemas eléctricos, electrónicos y mecánicos en cualquier software amigable con el objetivo de evitar inconvenientes en la implementación y gastos innecesarios.
- No abrir el tablero de control y monitoreo cuando el deshidratador a vapor de vegetales esté funcionando, para evitar posibles daños o fallas en la máquina.
- Evitar el contacto con el agua y golpes, ya que pueden dañar considerablemente a la pantalla táctil del HMI.
- Antes y después de utilizar el deshidratador a vapor de vegetales verificar que el mismo esté totalmente limpio.
- Al realizar el proceso de deshidratación, se debe tener en cuenta principios de higiene por tratarse de un producto alimenticios.
- Se debe desfogar el vapor abriendo la llave ubicada en la tubería de desfogue una vez que hayan terminado de trabajar con el deshidratador a vapor de vegetales.

BIBLIOGRAFÍA

AUCANCELA, Carlos. & CHAVEZ, Enma. *Diseño y construcción de un secador de túnel para la deshidratación del maíz.* [en línea] [**Tesis Pregrado**]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Química. Riobamba – Ecuador. (2009).pp. 10-93. [Consulta: 16 de Junio de 2016]. Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/247/1/96T00114.pdf>

ALLAUCA, Dennis. & CEVALLOS, José. *Diseño, dimensionamiento e implementación de un sistema de manufactura para procesar bases para manómetros.* [en línea] [**Tesis Pregrado**]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba – Ecuador. (2013). pp. 52-108
[Consulta: 20 de Julio de 2016].
Recuperado de: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3259>

WILDI, Theodore. *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia.* (6a edición). Nuucalpan de Juárez, Edo. de México: PEARSON, 2007. Pp. 879-905.

DESROSIER, Norman. *Conservación de Alimentos.* (1a edición). México D.F: CECSA, 1964. pp. 157-193

OGATA, Katsuhiko. *Ingeniería de Control Moderna.* (5a edición). Madrid-España: PEARSON, 2010. Pp. 1-8.

MiCRO. *Automatización y Control* [archivo PDF]. 2014.

[Consulta: 24 de julio 2016].

Disponible en: http://www.microautomacion.com/catalogo/10Automatizacion_y_control.pdf

GARCÍA, Emilio. *Automatización de Procesos Industriales.* (1a edición). México: Alfaomega, 2001. Pp. 18.

BUSTOS, Álvaro. *Sistemas Electrónicos Para Mecatrónica.* [en línea]. 2008

[Consulta: 20 de Febrero de 2016].

Recuperado de: <http://mecatronicabustos.blogspot.com/2008/09/sistemas-electronicos-para-mecatronica.html>.

SCHNEIDER ELECTRIC. *¿Cómo funciona y para qué sirve el módulo 499 TWD 01100 del twido?* [en línea]. s.f

[Consulta: 20 de Febrero de 2016].

Recuperado de: <http://www.schneider-electric.com.ar/es/faqs/FA141976/>

INFO PLC. *10 Aspectos para Elegir un Automáta Plc.* [en línea]. 2014

[Consulta: 15 de Agosto de 2016].

Recuperado de: <http://www.infopl.net/blogs-automatizacion/item/101501-10-aspectos-para-elegir-automata-plc>

VILDÓSOLA, Eugenio. *Actuadores* [archivo PDF] 2008.

[Consulta: 26 de Septiembre de 2016].

Disponible en: <http://www.aie.cl/files/file/comites/ca/abc/actuadores.pdf>

ASCO. *Tecnología Electroválvulas y Válvulas* [archivo PDF] 2007.

[Consulta: 02 de Agosto de 2016].

Disponible en: https://www.asconumatics.eu/images/site/upload/_es/pdf1/00005es.pdf

SACO, Roberto. *Introduccion a HMI.* [archivo PDF] 2005.

[Consulta: 2 de Diciembre de 2016].

Disponible en: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>

SCHNEIDER ELECTRIC. *Automatización Industrial.* [archivo PDF] 2015.

[Consulta: 2 de Diciembre de 2015].

Disponible en: <http://www.schneider-electric.cl/documents/local/catalogos/ci/cap6.pdf>

REGIÓN20. *Router Wifi Huawei Echolife Hg520.* [en línea] 2014.

[Consulta: 2 de Diciembre de 2015].

Disponible en: <http://www.region20.com.ar/router-wifi-huawei-echolife-hg520c-163675.htm>

CHAVES, Pablo. *Sensores analógicos utilizados en la Automatización Industrial.* [archivo PDF]2008.

[Consulta: 22 de Diciembre de 2016].

Disponible en: http://eie.ucr.ac.cr/uploads/file/proybach/pb_08_II/pb0811t.pdf

Router, Enrutador o Encaminador. [archivo PDF]2010.

[Consulta: 25 de Diciembre de 2016].

Disponible en: http://wiki.ead.pucv.cl/images/7/7e/ROUTER_pres01.pdf

INSHT. *Dispositivos de Parada de Emergencia.* [archivo PDF]2015.

[Consulta: 03 de Noviembre de 2016].

Disponible en:

http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/001a100/ntp_086.pdf