



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

“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR
AUTOMATIZADO PARA FRUTAS, CONTROLANDO VARIABLES
CLIMÁTICAS, Y BANDEJAS ROTATIVAS”

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRONICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR:
CUEVA TOQUIZA CRISTIAN MIGUEL

Riobamba- Ecuador

2021



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

“IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR
AUTOMATIZADO PARA FRUTAS, CONTROLANDO VARIABLES
CLIMÁTICAS, Y BANDEJAS ROTATIVAS”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN ELECTRONICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES

AUTOR: CUEVA TOAQUIZA CRISTIAN MIGUEL

DIRECTOR: Ing. JOSÉ LUIS MORALES GORDON

Riobamba- Ecuador

2021

© 2021, Cristian Miguel Cueva Toaquiza

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

Yo, Cristian Miguel Cueva Toaquiza, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de enero de 2021

Cristian Miguel Cueva Toaquiza
150083811-3

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

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto Técnico “**IMPLEMENTACIÓN DE UN DESHIDRATADOR AUTOMATIZADO PARA FRUTAS, CONTROLANDO VARIABLES CLIMÁTICAS, Y BANDEJAS ROTATIVAS**”, de responsabilidad del señor: **CRISTIAN MIGUEL CUEVA TOAQUIZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA (año-mes-día)
<p>Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillán PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	 <p>Firmado digitalmente por GEOVANNY ESTUARDO VALLEJO VALLEJO Fecha: 2021.04.29 13:42:06 -05'00'</p>	<p>2021-04-22</p> <p>.....</p>
<p>Ing. José Luis Morales Gordon DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	 <p>Firmado electrónicamente por JOSE LUIS MORALES</p>	<p>2021-04-22</p> <p>.....</p>
<p>Ing. Wilson Armando Zúñiga Vinueza MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	 <p>Firmado digitalmente por WILSON ARMANDO ZUÑIGA VINUEZA Dir: WILSON ARMANDO ZUÑIGA VINUEZA gw@WILSON ARMANDO VINUEZA C=EC O=ECODMBA s=Certificado de Clase 3 de Persona Física EC (FIRMA) w@zuniga@espech.edu.ec Motivo: Director de Carrera Ubicación: Fecha: 2021-04-29 17:28:05:00</p>	<p>2021-04-22</p> <p>.....</p>

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Dios por darme la oportunidad de culminar esta etapa de mi vida con salud, a mis padres por el apoyo incondicional; a mi esposa, mi hijo por ser parte de la motivación de superación profesional.

Cristian.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco de la manera más especial a toda mi familia por ser mi apoyo fundamental para seguir cosechando éxitos, a mi esposa mi hijo ser parte importante en mi vida, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me abrió las puertas permitiéndome convertirme en profesional, a todos los profesores de la Facultad de Informática y Electrónica por transmitir sus conocimientos. Especialmente al Ingeniero José Luis Morales, director del trabajo de Titulación por toda la ayuda brindada en durante la realización de este proyecto.

Cristian.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xviii
RESUMEN.....	xix
SUMMARY	xx
INTRODUCCIÓN	1

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Sistematización del problema.....	3
1.3. Justificación del trabajo de titulación	3
1.3.1. <i>Justificación teórica</i>	3
1.3.2. <i>Justificación aplicativa</i>	3
1.4. Objetivos	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS	¡Error!
Marcador no definido.	
2.1. Introducción.....	6
2.2. Deshidratación de frutas.....	6
2.3. Variables que intervienen en el proceso de la deshidratación de frutas	6

2.3.1.	<i>Proceso de deshidratación de frutas</i>	7
2.3.3.	<i>Métodos de deshidratación</i>	8
2.3.4.	<i>Deshidratadores directos o por convección</i>	8
2.3.5.	<i>Secadores de horno</i>	9
2.3.6.	<i>Curva de velocidad de secado</i>	9
2.4.	Dispositivos de procesamiento	10
2.5.	Controlador lógico programable (PLC)	10
2.7.	Raspberry Pi4	12
2.8.	Comparativa entre tecnología de procesamiento a nivel industria	13
2.9.	Esquema de contactos o Ladder	13
2.10.	Sensores	13
2.10.1.	<i>Sensor de temperatura RTD</i>	14
2.10.2.	<i>Sensor de temperatura termopar</i>	14
2.10.3.	<i>Tabla comparativa de los dispositivos para medir la temperatura</i>	14
2.10.4.	<i>Sensores de humedad</i>	15
2.11.	Motor eléctrico	15
2.12.	Generador de aire Blower	16
2.13.	Electroválvula de gas	17
2.14.	Variador de frecuencia SINAMICS G110/120 BOP	18
2.15.	Quemador Gas licuado de petróleo	18
2.16.	Chispero ignitor	19
2.17.	Software de Programación y Simulación de Procesos Industriales	20

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	21
3.1.	Requerimientos del deshidratador	21

3.2.	Consolidación general del deshidratador.....	21
3.3.	Arquitectura del deshidratador.	22
3.4.	Desarrollo de las etapas del deshidratador INCORE	23
3.4.1.	<i>Etapa de Alimentación.....</i>	23
3.4.2.	<i>Etapa de Generación de Calor.....</i>	24
3.4.3.	<i>Etapa de Secado.....</i>	24
3.4.4.	<i>Etapa de Obtención de Datos.....</i>	25
3.4.5.	<i>Etapa de procesamiento de Datos.....</i>	25
3.4.6.	<i>Etapa de Comunicación y Transmisión de datos.....</i>	26
3.4.7.	<i>Etapa de Visualización.....</i>	26
3.5.	Selección de componentes de <i>hardware</i> para la construcción del deshidratador. ..	27
3.5.1.	<i>Diseño del deshidratador.....</i>	27
3.5.2.	<i>Diseño de la etapa de generación de calor</i>	27
3.5.3.	<i>Diseño de la cámara de secado</i>	34
3.5.4.	<i>Selección del material de fabricación.....</i>	37
3.5.5.	<i>Acero inoxidable AISI 304.....</i>	37
3.5.6.	<i>Selección de vidrio.....</i>	38
3.5.7.	<i>Ensamblaje de las etapas de generación de calor y etapa de secado del deshidratador</i> <i>.....</i>	<i>38</i>
3.5.8.	<i>Dispositivo de obtención de datos.</i>	<i>40</i>
3.5.9.	<i>Dispositivo de Procesamiento de Datos</i>	<i>40</i>
3.5.10.	<i>Tipo de Comunicación de datos para el deshidratador.....</i>	<i>41</i>
3.5.11.	<i>Dispositivos de Visualización.....</i>	<i>42</i>
3.6.	Dimensionamiento protecciones eléctricas.....	43
3.6.1.	<i>Censo de Cargas Trifásicas.....</i>	<i>43</i>
3.6.2.	<i>Censo de Carga de Red Monofásica.....</i>	<i>44</i>
3.6.3.	<i>Dimensionamiento de contactor</i>	<i>46</i>
3.6.4.	<i>Dimensionamiento de los relés</i>	<i>46</i>

3.7.	Implementación del tablero de control y potencia	46
3.8.	Requerimiento de Diseño de Software.....	47
3.9.	Arquitectura de Software del deshidratador para frutas.....	47
3.9.1.	<i>Programación del PLC</i>	47
3.9.2.	<i>Diseño circuito de control</i>	48
3.9.3.	<i>Diseño del circuito de potencia</i>	49
3.9.4.	<i>Diseño de la programación de procesos del deshidratador</i>	50
3.9.5.	<i>Módulo HMI</i>	52
3.9.6.	<i>Implementación de pulsadores en módulo HMI</i>	53
3.9.7.	<i>Programación HDM</i>	53

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS.....	56
4.1.	Sistema Mecánico	56
4.2.	Sistema Eléctrico	57
4.3.	Tamaño Muestral	57
4.4.	Recursos y equipos empleados para análisis de datos.....	57
4.5.	Procedimiento de operación de la máquina	58
4.6.	Pruebas de funcionamiento	61
4.7.	Pruebas de deshidratación del equipo INCORE	62
4.8.	Recopilación de datos del proceso de deshidratación	63
4.9.	Análisis de resultados obtenidos en la deshidratación	63
4.10.	Representación Gráfica de los ensayos.....	64
4.11.	Representación Gráfica del análisis de deshidratación en: ALZATE e INCORE. 64	
4.12.	Representación Gráfica del análisis entre deshidratadores	65
4.12.1.	<i>Deshidratado de la fruta: manzana</i>	65

4.13. Resultados obtenidos del estudio comparativos de deshidratadores	65
4.14. Cuadro comparativo de elección del deshidratador	66
4.15. Análisis presupuestario del deshidratador.....	66
CONCLUSIONES.....	68
RECOMENDACIONES:	70
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-2:	Clasificación de los métodos de deshidratación	8
Tabla 3-2:	Características principales de Arduino Mega 2560	12
Tabla 4-2:	Características principales de Raspberry	12
Tabla 5-2:	Comparativa de procesamientos por sus características y usos	13
Tabla 6-2:	Símbolo de los elementos básicos del lenguaje Ladder.....	13
Tabla 7-2:	Comparativa de los sensores tipo RTD y Termopar.....	15
Tabla 8-2:	Características principales del motor.....	16
Tabla 9-2:	Características Principales del Blower	17
Tabla 10-2:	Características Solenoide electroválvula	17
Tabla 11-2:	Características Principales del Variador Siemens G110	18
Tabla 1-3:	Cálculo de potencia en Watts para la máquina.....	30
Tabla 2-3:	Especificaciones de diseño del deshidratador	31
Tabla 3-3:	Especificaciones de diseño del deshidratador	36
Tabla 4-3:	Características técnicas de acero inoxidable	37
Tabla 5-3:	Comparativa entre <i>vidrio común</i> y <i>vidrio templado</i> de 6mm.....	38
Tabla 6-3:	Especificaciones del equipo deshidratador.....	39
Tabla 7-3:	Características Principales del PLC s7 1200	41
Tabla 8-3:	Censo de carga trifásica del tablero de control.....	44
Tabla 9-3:	Censo de carga red monofásica	46
Tabla 10-3:	Dimensionamiento de los elementos relé.	46
Tabla 11-3:	Variables de Entradas	47
Tabla 12-3:	Variables de Salida	48
Tabla 13-3:	Entradas Señales Analógicas.....	48
Tabla 1-4:	Valores de temperatura por unidad de tiempo	61
Tabla 2-4:	Datos obtenido al deshidratar las frutas a la humedad relativa del 15%	62
Tabla 3-4:	Humedad relativa con respecto a la temperatura en ciclos de tiempo	63
Tabla 4-4:	Análisis deshidratación Manzana	63
Tabla 5-4:	Cuadro comparativo para elegir un deshidratador.....	66
Tabla 6-4:	Cuadro de costos del deshidratador	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Prototipo de funcionamiento del deshidratador para frutas en triangulo de Maslow	4
Figura 1-2: Proceso de deshidratación de frutas	7
Figura 2-2: Esquema de un secador de horno	9
Figura 3-2: Curva de secado típica con respecto al tiempo.	10
Figura 4-2: Controlador lógico programable siemens	11
Figura 5-2: Oem Arduino Mega 2560	11
Figura 6-2: Raspberry Pi4.....	12
Figura 7-2: Sensor de temperatura PT100	14
Figura 8-2: Sensores de temperatura TERMOPAR.....	14
Figura 9-2: Sensor tipo DWYER RHP-2M11	15
Figura 10-2: Motor eléctrico.....	16
Figura 11-2: Motor generador de energía eólica.....	16
Figura 12-2: Electroválvula de fluidos	17
Figura 13-2: Variador de frecuencia Siemens	18
Figura 14-2: Quemador industrial de gas licuado de petróleo.....	19
Figura 15-2: Electrodo cerámico	19
Figura 16-2: SolidWords programa de diseño mecánico.....	20
Figura 17-2: Software TiaPortalV15 programador de equipos siemens.....	20
Figura 1-3: (a) Consolidación general del equipo.....	22
Figura 2-3: Arquitectura por etapas del hardware del deshidratador.....	23
Figura 3-3: Diagrama de bloques de la Alimentación del deshidratador.....	24
Figura 4-3: Diagrama de bloques de la Generación de Calor.....	24
Figura 5-3: Diagrama de bloques de la etapa de secado.....	25
Figura 6-3: Diagrama de bloques de la Adquisición de Datos	25
Figura 7-3: Diagrama de bloques de Procesamiento de Datos	26
Figura 8-3: Diagrama de bloques de red ethernet.....	26
Figura 9-3: Diagrama de bloques de la etapa de Visualización.....	26
Figura 10-3: Diseño del deshidratador.....	27
Figura 11-3: Diseño de la etapa de generación de calor	28
Figura 12-3: Elementos internos del Quemador	31
Figura 13-3: Tubería GLP de cobre en Blower	32
Figura 14-3: Soportes para compactación de elementos.....	32

Figura 15-3: Electrodo excitado del quemador.....	32
Figura 16-3: Quemador industrial implementado y control de flama.....	33
Figura 17-3: Diseño del intercambiador de calor	33
Figura 18-3: Intercambiador de calor del deshidratador.....	34
Figura 19-3: Sistema eólico del intercambiador de calor	34
Figura 20-3: Cámara de secado y bandejas.....	35
Figura 21-3: Bandejas rotativas del deshidratador.....	36
Figura 22-3: Puerta con vidrio Templado.....	38
Figura 23-3: Deshidratador para frutas.....	39
Figura 24-3: (a)Sensor de humedad;(b)Sensor de temperatura;(c)Implementacion del sensor..	40
Figura 25-3: Topología de configuración vía interfaz Profinet.	41
Figura 26-3: HMI siemens Ktp400.....	42
Figura 27-3: HMI en Función de Monitoreo	43
Figura 28-3: Tablero de control implementado	47
Figura 29-3: Diseño del circuito de control.....	48
Figura 30-3: Circuito de potencia implementado.	49
Figura 31-3: Diagrama de flujo de encendido del quemador.....	50
Figura 32-3: Sistema de Control de temperatura con termocupla en el quemador.....	50
Figura 33-3: Diagrama de flujo del proceso de deshidratación	51
Figura 34-3: HMI modo de Ingreso de Datos.....	52
Figura 35-3: HMI modo de monitoreo.	53
Figura 36-3: Pulsadores de inicio y paro en módulo HMI.....	53
Figura 37-3: Pantalla Principal	54
Figura 38-3: Gráficas del sistema	54
Figura 39-3: Interfaz Derechos de Autor.....	55
Figura 40-3: Control Principal del Deshidratador con botoneras y HMI.	55
Figura 1-4: Mecánica del deshidratador, quemador, motor, bandejas, base con ruedas.....	56
Figura 2-4: Bimetálico en la prueba de calentamiento de Máquina.	58
Figura 3-4: Funcionamiento del deshidratador	58
Figura 4-4: Enclufle de 50A de cocinas de inducción	59
Figura 5-4: Disyuntor en estado OFF/ONN	59
Figura 6-4: Frutas a deshidratar	60
Figura 7-4: Pantalla de Selección para frutas	60
Figura 8-4: Empaquetado para frutas deshidratadas.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Análisis de datos obtenidos de temperatura.	61
Gráfico 2-4: Comportamiento de las variables climáticas por frutas.....	62
Gráfico 3-4: Curva característica de deshidratación de la Manzana.....	64
Gráfico 4-4: Manzana con respecto al tiempo.	64
Gráfico 5-4: Relación de variables respecto al tiempo.	65
Gráfico 6-4: Análisis comparativo de deshidratadores	65

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-3: Ley de enfriamiento de Newton.....	28
Ecuación 2-3: Masa total.....	29
Ecuación 3-3: Total de masa removida.....	29
Ecuación 4-3: Masa del producto luego del proceso de deshidratación	29
Ecuación 5-3: Calor Sensible	29
Ecuación 6-3: Calor Requerido.....	30
Ecuación 7-3: Calor Total requerido.....	30
Ecuación 8-3: potencia requerida por la fuente de calor.....	30
Ecuación 9-3: Volumen a deshidratar	35
Ecuación 10-3: Calculo de bandejas	35
Ecuación 11-3: Corriente de Protección	43
Ecuación 1-4: Ecuación para tamaño muestral, al estimar una media poblacional infinita.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: CAPTURAS DEL PROGRAMA EN TIA POTAL V15

ANEXO B: DATASHEET DE SENSOR HUMEDAD RELATIVA TIPO DWYER RHP-2M1

ANEXO C: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SENSOR DE HUMEDAD DWYER RHP-2M11.

ANEXO D: SENSOR DE TEMPERATURA – DATOS TECNICOS.

ANEXO E: INTERFAZ HMI – HOJA TECNICA

ANEXO F: DATOS TECNICOS DEL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60

ANEXO G: DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS G110

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
kPa	Kilo Pascal
mm	Milímetro
mA	Miliamperio
PLC	Control Lógico Programable
Vca	Voltaje de Corriente Alterna
Vcc	Voltaje de Corriente Continua
T	Tiempo
ΔT	Variación de Temperatura
NA	Contacto normalmente abierto
NC	Contacto normalmente cerrado
Cp	Calor producido
Ts	Temperatura superficial
Ta	Temperatura ambiente
<i>Hv</i>	Valores de entalpia en estado de vapor
GLP	Gas Licuado de Petróleo
NEMA	Normas empleadas en la ejecución de diagramas de control.
AISI	Instituto americano del hierro y el acero

RESUMEN

El objetivo de este proyecto se basa en la implementación de un deshidratador automatizado para frutas con bandejas rotativas, que controla las variables climáticas como temperatura y humedad en el tiempo. El sistema de Control se realizó mediante la configuración del Controlador Lógico Programable (PLC), la Interfaz Hombre Máquina (HMI), y variador de Frecuencia para la rotación de las bandejas dentro de la cámara. Para la comunicación de PLC, HMI, PC, se utilizó Red cableada tipo Ethernet. Para la construcción de la máquina se utilizó acero inoxidable 304. El principio de funcionamiento se asienta en la conservación de calor en la cámara de secado lo cual se consigue con la circulación de aire caliente estimulado desde la etapa de calor, a través del intercambiador de energía hacia las bandejas rotativas en la cámara de secado. Se mejoró relativamente los tiempos de secado en el proceso de deshidratación al distribuir de mejor manera el calor, en la interfaz gráfica se programó varias pantallas como: selección o ingreso de receta para frutas, monitoreo de variables climáticas en tiempo real dentro de la cámara de deshidratación. Las pruebas del deshidratador fueron realizadas en un periodo de tiempo de 30 días calendarios, cuyos datos fueron procesados, recolectados y analizados de las cuales se obtiene como resultados una deshidratación de frutas en menos tiempo en comparación a las deshidratadoras que existen en el mercado, para concluir que el deshidratador es 18,75% más eficiente debido a la reducción de tiempos de 60 min en el proceso normal de secado de 320 min. La carga moderada recomendada es <10 kg, a la máxima de 15kg.

PALABRAS CLAVE: <DESHIDRATADOR>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <CONTROL AUTOMÁTICO>, <VARIABLES CLIMATICAS>, <BANDEJAS ROTATIVAS>, <INTERFAZ HOMBRE MAQUINA (HMI)>

LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento
(DN): c=EC, o=RIDBAMISA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.04.14 12:22:12
-05'00'



1003-DBRAI-UTP-2021

SUMMARY

The purpose of this research is based on the development of an automated dehydrator with rotating trays for fruits, which controls the climatic conditions such as temperature and humidity over time. The control system was made through the configuration of the Programmable Logic Controller (PLC), the Human Machine Interface (HMI), and Frequency inverter for the rotation of the trays inside the cabinet. For the PLC, HMI, PC communication, we used Ethernet type wired network. For the construction of the machine, we used 304 stainless steel. The operating design is based on the conservation of heat in the drying cabinet, which is achieved by the circulation of hot air stimulated from the heating stage, through the energy exchanger to the rotating trays in the drying cabinet. The drying times in the dehydration process were relatively improved by a better distribution of heat, and several screens were programmed in the graphic interface, such as: selection or entry of recipe for fruits, monitoring of climatic conditions in real time inside the dehydration cabinet. The tests of the dehydrator were carried out in a period of 30 calendar days, whose data were processed, collected and analyzed, resulting in a dehydration of fruits in less time compared to the dehydrators that exist in the market, to conclude that the dehydrator is 18.75% more efficient due to the reduction of time of 60 min in the normal drying process of 320 min. The moderate recommended load is < 10 kg, to the maximum load og 15 kg.

KEYWORDS: <DEHYDRATOR>, < PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER. (PLC) >, <AUTOMATIC CONTROL >, < CLIMATIC CONDITIONS >, < ROTATIONAL TRAYS>, <HUMAN -MACHINE INTERFACE (HMI)>



Firmado electrónicamente por:
**ENRIQUE JESUS
GUAMBO YEROVI**

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de control implementados actualmente tienen constantes mejoras cómo: incremento de la disponibilidad, disminución de costos de fabricación, y menor tiempo de elaboración de productos. Factores que en el campo de la tecnología y la industria manufacturera avanza rápidamente, para impulsar el crecimiento económico. (Kalpakjian, 2019, p. 1176).

La deshidratación natural es una de las técnicas más utilizadas para la conservación de alimentos a través de la historia secándose al sol las frutas; mediante prueba y error, para tener frutas en épocas de escasez, sin controlar factores climatológicos y sanitarios; con la deshidratación artificial se puede controlar estas variables climáticas, nivel nutricional y sanitario en las frutas, además de mejorar la calidad y tiempos en el proceso de secado. (De Michelis & Ohaco, 2015, pp. 4-5)

El deshidratador automatizado con bandejas rotativas, controla variables climáticas artificiales con la finalidad de obtener un producto completamente deshidratado, con una humedad relativa menor al 18%, evita su putrefacción al extraer el agua de las frutas, es más saludable, nutritivo, exalta su sabor, y aumenta su valor agregado a un producto manufacturado. (Orrego, 2003, p.230).

El deshidratador tiene un diseño en su estructura paralelepípedo rectangular de 0,60 m de largo; 1m de ancho y 1,20m de alto, fabricado en acero inoxidable resistente a la corrosión, concentra el calor al tener en su interior fibra de vidrio; tiene dos componentes principales: *la etapa de calor* que transforma la energía producida por el quemador GLP en calor para la *cámara de deshidratación*, con la circulación del aire, en la cámara las frutas son sometidas a temperaturas controladas en las bandejas rotativas para el proceso de secado, como resultado se obtiene un producto deshidratado libre de todos los contaminantes y encimas propias del combustible GLP al terminar su proceso, listo para su consumo y comercialización. (Orrego, 2003, p.230).

Es este informe se detalla en el capítulo I los objetivos a alcanzar en la implementación del deshidratador, capítulo II; los materiales necesarios para el deshidratador, capítulo III el diseño y automatización del deshidratador; capítulo IV las pruebas y resultados obtenidos con la implementación del deshidratador automatizado para frutas con variables climáticas controladas; capítulo V se detalla las conclusiones obtenidas, en la implementación y deshidratado para frutas.

CAPITULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

En este capítulo se menciona la necesidad de deshidratar frutas, el tipo de deshidratador a implementar, su funcionamiento, sus características, sistematización del problema, los objetivos a alcanzar con el proyecto de deshidratación, su justificación teórica y aplicativa.

Las frutas y hortalizas frescas reciben el nombre de productos perecibles, porque tienen una tendencia inherente a deteriorarse por razones: fisiológicas, ambientales, y bacterianas. Una fruta que no es sometida al proceso de deshidratación tiene un porcentaje de agua entre “80 y 85 %”, con este porcentaje de humedad, el fruto dura aproximadamente 5 días, antes de la putrefacción.

De allí la *necesidad* de la conservación de las frutas, para lo cual se induce las frutas a procesos de secado artificial donde se controla las variables climáticas y su salubridad. (UNESCO, 2019, p. 37).

Al extraérsele la mayor parte de su contenido acuoso, la fruta deshidratada no contiene azúcares, reducen su tamaño y peso original, además, concentra una mayor cantidad de nutrientes, destaca su alto contenido en fibra, se convierte en un alimento ideal para prevenir el estreñimiento y favorecer el tránsito intestinal, en fuente de minerales entre los que destacan el hierro y el calcio.

También tienen potasio y vitaminas del grupo B y E, además de antioxidantes. (Bainet, 2020, p.4)

En Ecuador los deshidratadores para frutas son utilizados en su gran mayoría por pequeñas y medianas empresas, debido a su precio alto de adquisición. La deshidratación es necesaria para la conservación de las frutas en la comercialización en periodos prolongados.

En la actualidad es importante desarrollar la agroindustria para la producción y conservación de alimentos, para transformar la matriz productiva principal en la política económica del país, además garantiza alimentos con calidad, desde los productores.

1.2. Sistematización del problema

- ¿Cuáles serán las variables climáticas necesarias a considerar para la deshidratación de frutas?
- ¿Cuáles son los requerimientos para la implementación de un deshidratador para frutas?
- ¿Cuál será el modelo de control para el proceso de deshidratación de frutas que permitirá el control de variables climáticas para obtener un proceso de secado autónomo?
- ¿Es posible implementar un deshidratador para frutas con variables climáticas controladas y bandejas rotativas?

1.3. Justificación del trabajo de titulación

1.3.1. Justificación teórica

El deshidratador para frutas automatizado controla variables climáticas y bandejas rotativas, el calor se genera de la combustión del gas licuado de petróleo dentro de la cámara de calor, mismo que es conducido y distribuido de manera uniforme hacia la cámara de secado mediante la convección de aire caliente, en el interior de la cámara de secado se encuentran las bandejas rotativas. (ALZATE, 2003 pág. 109)

El presente deshidratador para frutas busca desarrollar un sistema automatizado que permita realizar el control y monitoreo de variables climáticas, además mejorar la calidad, disminuir el tiempo de deshidratado y reducir la complejidad del uso del deshidratador. Mediante el uso de dispositivos industriales tales como PLC, HMI y variador de frecuencia las mismas que facilitarán el manejo de la máquina deshidratadora y aumentará la efectividad del proceso. (Creus, 1988 pág. 532)

1.3.2. Justificación aplicativa

La importancia del desarrollo de la automatización de un deshidratador para frutas, radica en el aumento de efectividad en la deshidratación, además permitirá escoger de una variedad de productos a deshidratar sin realizar cambios en la programación, ya que cuenta con un programador de tipo industrial donde se almacena y se ejecuta los procesos por receta. (Anastasios, 2015, p. 230)

El proceso de deshidratado está compuesto de tres módulos, el primer módulo consiste en la convección forzada de aire caliente desde el módulo de calor, proveerá de la temperatura adecuada en la cámara de secado. El segundo módulo será la selección de la fruta a deshidratar mostrada en la pantalla HMI, donde el operador podrá decidir qué tipo de proceso desea empezar. La información ingresada es enviada al programador con los parámetros necesarios para el proceso de secado. El tercer módulo de deshidratación consistirá en coordinar los dos módulos que interactuarán con el HMI, programador, transductores y la fuente de calor, también sostiene las variables climáticas estables dentro de la cámara, con el tiempo transcurrido se obtiene un producto final deshidratado, listo para el consumo o procesos de manufactura. (Kalpakjian, 2019, p. 12).



Figura 1-1: Prototipo de funcionamiento del deshidratador para frutas en triángulo de Maslow
Realizado por: CUEVA, Cristian,2020

1.4. Objetivos

Objetivo general

Implementar un deshidratador automatizado para frutas, controlando variables climáticas, y bandejas rotativas.

Objetivos específicos

- Investigar el proceso para realizar una deshidratación de frutas por medio de variables climáticas y bandejas rotativas.
- Diseñar el hardware y software del deshidratador para frutas con bandejas rotativas para controlar variables climáticas.
- Seleccionar el hardware y el software necesario para la implementación del deshidratador para frutas.
- Implementar el hardware y el software necesario para el deshidratador automatizado para frutas, que realice el secado en las bandejas rotativas por la circulación de aire caliente, y supervisar el proceso por medio de la interfaz HMI.
- Realizar las pruebas de funcionamiento del deshidratador para frutas.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Introducción

En este capítulo se investiga la información puntual de todos los elementos del sistema para la implementación de un deshidratador automatizado para frutas con variables climáticas controladas, en el secado artificial, su proceso, sus ventajas, los tipos de equipo existentes para el deshidratado.

2.2. Deshidratación de frutas

La deshidratación o secado por calor artificial de frutas es un proceso por el cual se extrae la mayor cantidad de agua contenida en las frutas, reduce su humedad, a través de métodos mecánicos o térmicos, con la finalidad de prolongar la vida útil, evita la putrefacción y pérdida de las frutas. El agua que contiene las frutas se puede extraer por condiciones ambientales como: la radiación solar o por medio de un secado artificial, bajo supervisión, lo que implica el control sobre las condiciones climáticas de la cámara. En el proceso de secado las variables de tiempo y humedad relativa del producto dependen básicamente de la temperatura aplicada y localización geográfica como: presión atmosférica y condiciones climáticas; la humedad absoluta y características propia de cada fruta.(Orrego, 2003, pag 321), detalladas a continuación:

2.3. Variables que intervienen en el proceso de la deshidratación de frutas

- **Temperatura de operación** Se adopta un rango de temperatura de 40°C a 90°C, ya que los alimentos pierden sus propiedades nutritivas y pueden ocurrir reacciones químicas en su interior cuando la temperatura supera los 90°C.
- **Humedad inicial del producto H_i o Humedad absoluta.** Es la humedad con la que las frutas ingresan al proceso de deshidratado.
- **Humedad final del producto H_f o Humedad relativa.** Mientras más bajo sea el porcentaje de humedad de la fruta, mayor será su tiempo de conservación, los microorganismos y bacterias no proliferan fácilmente. (Vélez R., 1994, p. 356-369)

En la **Tabla 1-2**, se puede apreciar las propiedades en: humedad, temperatura y tiempo de cada fruta para su proceso de secado artificial en el deshidratador, datos obtenidos por ALZATE (Orrego, 2003, p. 211)

Tabla 1-2: Propiedades de las frutas

Propiedades de las frutas					
Nombre	Densidad (kg/cm ³)	Tiempo secado h	Temperatura de secado °C	Humedad inicial (%)	Humedad final (%)
Manzana	0,843	5	50	85	15
Durazno	1,058	5,5	60	88	18
Piña	1,15	5,5	55	80	16
Banano	0,98	3	60	75	15
Uva	1,01	4,5	55	80	15
Frutilla	0,9	5,5	55	88	21

Fuente: (ALZATE, 2003)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

2.3.1. Proceso de deshidratación de frutas

En la **Figura 1-2** se aprecia el proceso normal para llevar a cabo la deshidratación de frutas, se detalla cada una de las fases a continuación:



Figura 1-2: Proceso de deshidratación de frutas

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

- **Recepción.** Consiste en recibir las frutas de la cosecha, en un lugar adecuado, las mismas deben estar en una etapa de maduración.
- **Preparar la fruta.** Se realiza la clasificación, lavado, cortado y rebanado de las frutas.
- **Colocar en bandejas.** Se ubica las frutas en las bandejas y se ingresa al deshidratador.
- **Deshidratar.** La etapa donde se realiza el control artificial de las variables climáticas, para mantener una temperatura adecuada para el proceso de deshidratado.
- **Enfriar.** Reside en dejar a una temperatura ambiente las frutas deshidratadas, de esta manera se obtiene productos compactos y listos para la manipulación.
- **Empacar.** Selecciona y elimina el producto defectuoso, posteriormente se realiza el enfundado de las frutas para su comercialización. (Sagarpa, 1003, p.57)

2.3.2. *Ventajas de la deshidratación*

- Reduce la humedad de las frutas, frutas más ligeras, livianas y fácil de transportar.
- Permite conservar las frutas. Por largos periodos de tiempo: meses, años.
- Los sabores se intensifican al concentrarse, por lo tanto, se consideran snacks o apetitivos.
- Se controla las condiciones sanitarias y el grado de humedad de exigirse por el usuario.
- Conservan los componentes como nutrientes y proteínas.
- El tiempo de deshidratación es más corto a comparación del secado por radiación solar.
- No requieren de conservantes.
- No necesitan ser refrigeradas.
- El costo de empaque, transporte, distribución y almacenamiento es reducido.
- Se produce una disminución sustancial del peso y volumen. (Sagarpa, 2015, p.35)

2.3.3. *Métodos de deshidratación*

En la **Tabla 2-2**, se muestra los métodos de deshidratación donde se resalta los de convección con bandejas rotativas para la deshidratación de las frutas, es el método más común para deshidratar frutas al fluir calor por sus bandejas.

Tabla 2-2: Clasificación de los métodos de deshidratación

Métodos de deshidratación		Equipos de deshidratación	Tipos de productos
Por aire o convección	En cama o banda	De charolas	Sólidos en menor proporción, fluidos con alta viscosidad o sólidos en suspensión, hortalizas y frutas
		De bandejas	
		De túnel	
	De Partículas	De lecho	Fluidos con pequeños y pocos sólidos en
Por conducción		Deshidratador de tambor	Leche, jugo de hortalizas, plátanos y fluidos muy viscosos (pastas)
Por radiación			Cualquier tipo de alimentos
Por congelación		Liofilizado	Carnes

Fuente: Colina M, 2010

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

2.3.4. *Deshidratadores directos o por convección*

Generalmente son aparatos sencillos y de fácil manejo, por su estructura física, y funcionamiento. Los deshidratadores por convección son los más utilizados en las industrias agrícolas y constan en esencia, de las siguientes partes:

- Recinto o estructura paralelepípedo rectangular
- Sistema de impulsión del aire.
- Sistema de calefacción: generalmente calorífugo, donde se realiza la evaporación.

2.3.5. Secadores de horno

Es el más simple y consta de un pequeño recinto en forma de cámara de dos pisos, véase en la **Figura 2-2**. El aire de secado se calienta en un quemador del piso inferior y atraviesa por convección natural o forzada el segundo piso perforado en el que se asienta el lecho de producto a secar. En la industria de alimentos son utilizadas para el secado de frutas, lúpulos y forrajes verdes.(Maupoey et al., 2016, pp.386-412)

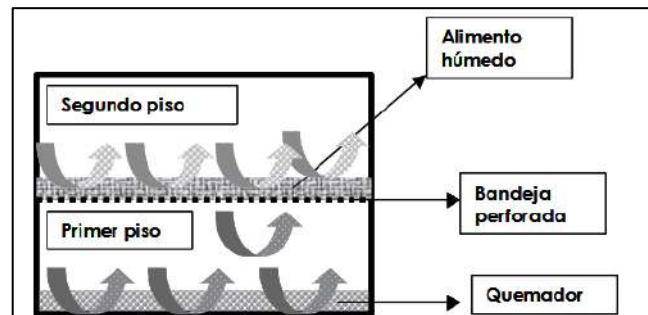


Figura 2-2: Esquema de un secador de horno

Fuente: (Maupoey P., 2020)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

2.3.6. Curva de velocidad de secado

La **Figura 3-2**, representa una curva de secado típica de un producto higroscópico. Durante las tres Etapas:

- PRIMERA ETAPA de secado muestra el tiempo constante, la superficie que contiene la humedad libre. La vaporización ocurre desde allí.
- SEGUNDA ETAPA de secado, controla la difusión del vapor de agua a través del interfaz de aire-humedad y de la velocidad a la cual la superficie para la difusión es removida. Se refleja una disminución, en la curva tipo descendente de la humedad al ser removida el líquido de las frutas.
- La TERCERA ETAPA indica, el contenido de humedad promedio que ha alcanzado la etapa de humedad crítico. (Morochó, 2015, p. 27-89)

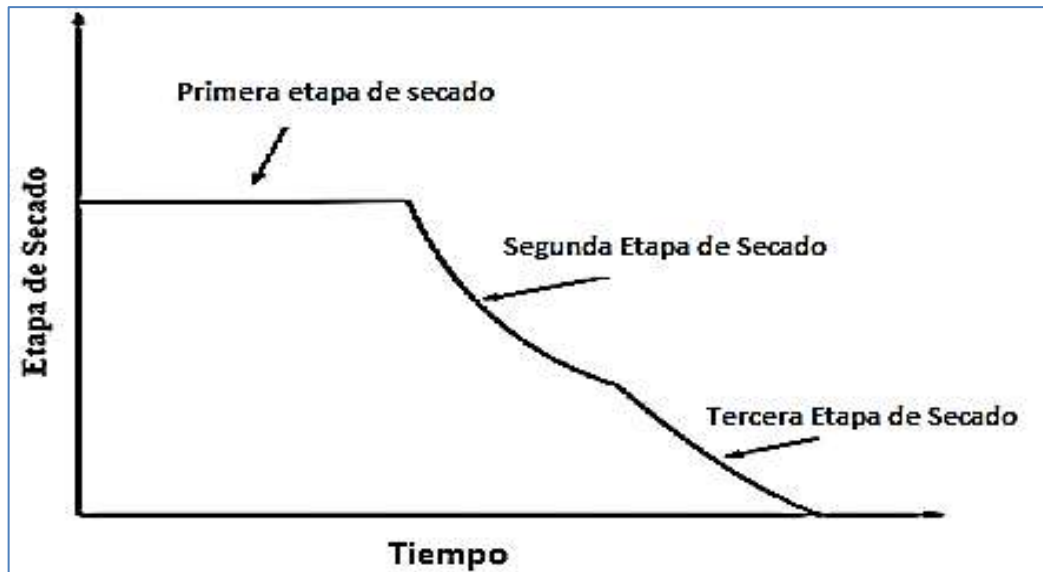


Figura 3-2: Curva de secado típica con respecto al tiempo.

Fuente: (Orrego, Carlos 2003)

2.4. Dispositivos de procesamiento.

También llamados CPU porque se ocupa del control y el proceso de datos, con circuitos microscópicos o conjunto de microcontroladores que interpreta y ejecuta instrucciones. Para el almacenamiento de procesos o tareas poseen memoria RAM, FLASH, ROM, que agilitan la ejecución de sus instrucciones, en módulo de entrada /salida, o periféricos.

En el campo de la industria se encuentran: los Controladores Lógicos Programables PLC, Microcontroladores en los que resalta los Arduino y Raspberry. (Daneri,2013, p.46)

2.5. Controlador lógico programable (PLC)

Un PLC (Programmable Logic Controller), que se muestra en la **Figura 4-2**, es un dispositivo electrónico de control Industrial, que emplea una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de realizar funciones específicas o programadas tales como: lógica, secuenciación, registro de variables, control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, controla a través de entradas/salidas digitales o analógicas, diferentes tipos de máquinas o procesos.(Siemens, 2016, p.35-43)



Figura 4-2: Controlador lógico programable siemens
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.6. Arduino MEGA 2560

En la **Figura 5-2**, está el Arduino Mega de la gama de microcontroladores mundialmente conocida por aficionados, estudiantes, maestros dedicados a la electrónica, la programación y la robótica. Es de tipo Código Abierto Open Source que tiene a disposición de sus usuarios una amplia gama de dispositivos basados en el microcontrolador AtMega. (AG Electrónica, 2017, p2) a continuación en la **Tabla 3-2** se muestra las características principales del Microcontrolador.

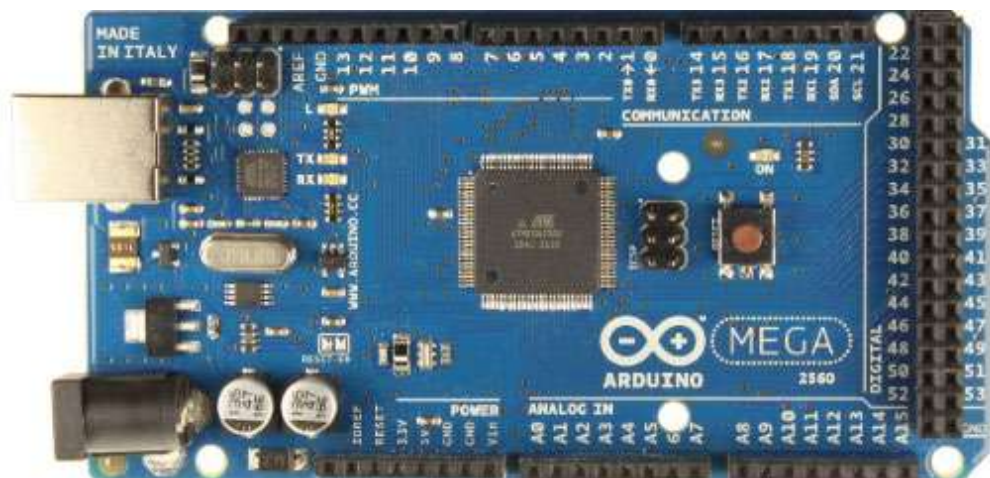


Figura 5-2: Oem Arduino Mega 2560
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Tabla 3-2: Características principales de Arduino Mega 2560

DESCRIPCIÓN	DETALLES
Dispositivo	Microcontrolador ATmega 2560
Tipo	Educativo
Voltaje de Entrada	7-12 V
Terminales Digitales	54
Terminales Analógicos	16
Corriente DC por cada Pin	40mA
Memoria Flash	32KB
Velocidad del Procesador	16 MHz
Dimensiones	101.6 x 53.34 mm
Peso	37 g

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.7. Raspberry Pi4

Es una placa de ordenador desarrollada en el Reino Unido por la fundación Raspberry Pi, como en la **Figura 6-2**. Es una solución orientada a entornos educativos para estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas. Esta placa incluye procesador, memoria RAM, ranura para tarjetas SD, conectores USB, vídeo RCA, Conexión Jack de 3,5 pulgadas para audio, conector HDMI; además, permite ejecutar Linux o sistemas RISC.(González et al., 2020, p.4), en la **Tabla 4-2** sus características.

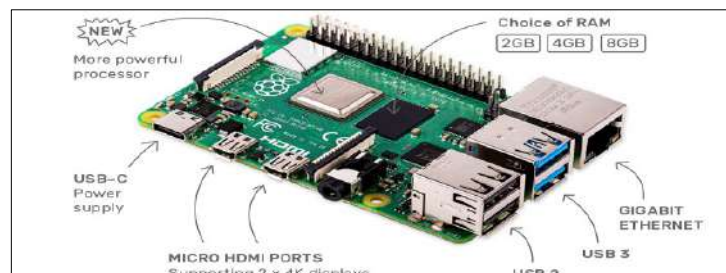


Figura 6-2: Raspberry Pi4

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/homepage-9df4b/static/raspberry-pi-4-labelled-2857741801afdf1cabeaa58325e07b58.png>

Tabla 4-2: Características principales de Raspberry

DESCRIPCIÓN	DETALLES
Dispositivo	Raspberry
Tipo	Educativo
Voltaje de Entrada	5 VDC; 1.5 A
Procesador	ARM Cortex – A72
Memoria Ram	1Gb
Memoria Flash	32KB
Velocidad del Procesador	1,5 GHz
Dimensiones	85mm x 53mm
Peso	37 g
Almacenamiento	SD 7 MMC / ranura para SDIO
Puerto de Red	Ethernet Gigabyte

Fuente: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/?resellerType=education>

2.8. Comparativa entre tecnología de procesamiento a nivel industria

En la **Tabla 5-2** Se muestra un cuadro comparativo de dispositivos de procesamiento con las características propias de unidades de procesamiento y usos en la industria para la deshidratación de frutas. Se utiliza en modo true/false para su análisis.

Tabla 5-2 Comparativa de procesamientos por sus características y usos





	PLC	ARDUINO	RASPBERRY
Requerido en la gran industria	SI	NO	NO
E/S Digitales	SI	SI	NO
E/S Analógicos	SI	SI	NO
Puerto Ethernet	SI	NO	SI
HMI Compatible	SI	NO	NO
Fuente incorporada	SI	NO	NO
Simulación Online Pc	SI	NO	NO

Fuente: CUEVA, Cristian, 2020.

2.9. Esquema de contactos o Ladder

Conocido también como lenguaje en escalera, se caracteriza por ser fundamentado en esquemas eléctricos. La norma que regula el uso de símbolos utilizados es la NEMA. (Daneri, 2013, p. 62)

Tabla 6-2 Símbolo de los elementos básicos del lenguaje Ladder

Instrucción de lenguaje Ladder	Nombre	Descripción
	Contacto normalmente abierto (NA)	Se activa cuando está presente un uno lógico en el elemento que representa, entrada del PLC, una variable interna o un bit de sistema.
	Contacto normalmente cerrado (NC)	Se activa cuando se presenta un cero lógico en elemento que representa,
	Bobina NA	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) es verdadera. Generalmente representa elementos de salida o actuadores, en ocasiones representa una variable interna.
	Bobina NC	Se activa cuando la combinación que hay a su entrada (izquierda) da un cero lógico. Su comportamiento es complementario al de la bobina NA.

Fuente: (Serope Kalpakjian 2019; Kuo 1996)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

2.10. Sensores

Un sensor o transductor es un dispositivo que convierten señales de energía de una forma física en otra. Estos proporcionan una salida útil en respuesta a una condición física medida. Existen sensores de tipo activos y pasivos. Un *transductor pasivo*, requiere una fuente eléctrica externa

para la excitación. *Transductor activo*, en cambio generan una tensión de salida por sí mismos. (Daneri, 2013, p.69), a continuación, se muestra los sensores de temperatura.

2.10.1. Sensor de temperatura RTD

Es un sensor de medición de temperatura en grados centígrados, es un detector de temperatura por resistencia, como se indica en la **Figura 7-2**.

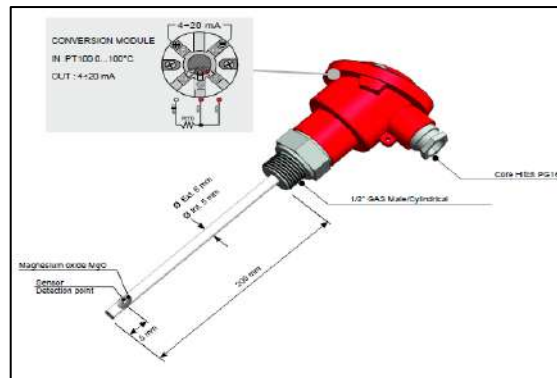


Figura 7-2: Sensor de temperatura PT100
Fuente: (pixsys.net, 2010)

2.10.2. Sensor de temperatura termopar

Es un sensor de medición de temperatura en grados centígrados de material termopar, es decir, es sensible a la punta como muestra la **Figura 8-2**.



Figura 8-2: Sensores de temperatura TERMOPAR
Fuente: (pixsys.net, 2010)
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.10.3. Tabla comparativa de los dispositivos para medir la temperatura

En la **Tabla 7-2**, se muestra un análisis realizado de los sensores RDT y Termopar, para establecer el dispositivo medidor de temperatura a utilizar en el deshidratador para frutas.

Tabla 7-2: Comparativa de los sensores tipo RTD y Termopar

CONSIDERACIÓN	RTD	TERMOPAR
Precisión	Más preciso	Menos preciso
Rango de temperatura	-200 a 850°C	-200 a 2000°C
Costo	Más caro (2 o 3 veces más)	Más económico
Sensibilidad	Sensitivo en la base	Sensitivo en la punta
Velocidad de respuesta	Más lenta	Más rápida
Tamaño	Más largo	Tan pequeño como sea posible
Unión de referencia	No aplicable	Requerida
Temperatura de superficie	Generalmente	Conveniente
Efectos de vibración en la medida	Menos conveniente	Conveniente
Fuente de alimentación	Requerida	No requerida
Auto calentamiento	Aplicable	No aplicable
Estabilidad para periodos largos	Excelente	Menos satisfactoria
Robustez	Menos conveniente	Más conveniente
Terminales de conexión	Normalmente cobre	Material del termopar a la unión
Salida	Puente de resistencias	Generación de Fem
Captación eléctrica	Menos susceptible	Más susceptible

Fuente: (Maupoey et al. 2016; Kuo 1996; Ingeniería de Sistema Automatas 2015)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.10.4. Sensores de humedad

Es un sensor higrómetro permite medir la humedad en las frutas, En la **Figura 9-2**, se muestra un sensor del fabricante dwyer tipo resistivo – capacitivo. Es un dispositivo transmisor de temperatura y combinan la salida de tensión o transmisor de humedad actual con un termistor de temperatura pasiva RTD. El sensor de humedad capacitancia polímero reduce a largo plazo afecta de condensación, niebla, o alta humedad.



Figura 9-2: Sensor tipo DWYER RHP-2M11

Fuente: <http://www.dwyer-inst.com/>. (dwye, 2003)

2.11. Motor eléctrico

Es una máquina eléctrica rotativa de corriente continua o corriente alterna, capaz de transformar la energía eléctrica, en energía mecánica. En la **Figura 10-2** se muestra un motor trifásico Siemens de 0.75 Hp de 1650 rpm como se muestra en la **Tabla 8-2**.



Figura 10-2: Motor eléctrico
Fuente: (S.L., 2019); (© Siemens, 1996)

A continuación, en la **Tabla 8-2;** se muestra las características de un motor

Tabla 8-2: Características principales del motor

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
Tipo de Dispositivo	Motor Trifásico
Modelo	1LA7 073-4YA60
Marca	Siemens
Voltaje / Corriente	220 - 440 VCA / 2.9 – 1.45 A
Torque	0.75 Hp
Revoluciones	1650 rpm
Peso	6.0 Kg
Factor de potencia	0.79

Fuente: (S.L., 2019); (© Siemens, 1996)
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.12. Generador de aire Blower

En la **Figura 11-2,** se muestra un actuador eléctrico Blower de $\frac{1}{4}$ Hp que transforma la energía eléctrica en energía eólica. Se lo conoce como Blower, en la **Tabla 9-2,** Se muestran sus características.

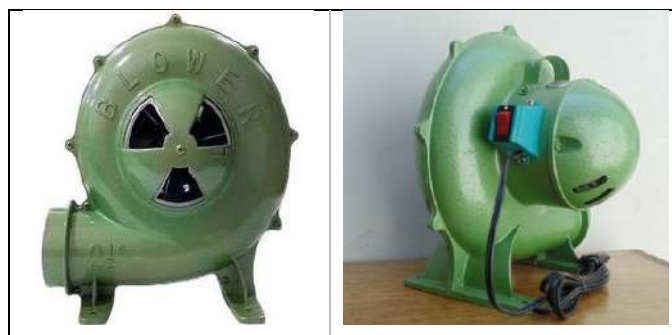


Figura 11-2: Motor generador de energía eólica.
Fuente: <https://ibb.co/cQTQgXH>
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Tabla 9-2: Características Principales del Blower

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
Tipo de Dispositivo	Soplador Industrial Blower
Modelo	BK-EB2.5
Marca	Century
Voltaje	100-127 V
Torque	1/4 Hp
Revoluciones	3400 rpm
Material/ Color	Metal / Verde Militar
Potencia	200W

Fuente: Century, 2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.13. Electroválvula de gas

Se compone de una bobina y una válvula, de 2 vías, permite o cierra el paso de los gases o fluidos por medio de un pulso eléctrico. En la **Figura 12-2**, se muestra una electroválvula de 2 vías. Las características del solenoide en la **Tabla 10-2**



Figura 12-1: Electroválvula de fluidos

Fuente: <https://ibb.co/zrRq5Vn>.

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Tabla 10-2: Características Solenoide electroválvula

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
Tipo de Dispositivo	Solenoide
Modelo	2W-15JN
Marca	TUS
Voltaje	110 VCA
Función	NC
Protección	IP65, IP54
Presión	Mín.: 0,5 mbar (0 psi) Máx.: 1.500 mbar (21,8 psi)
Otras características	De Alta velocidad

Fuente: TUS, 2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.14. Variador de frecuencia SINAMICS G110/120 BOP

Es un dispositivo electrónico que permite controlar la velocidad de giro de un motor, cuenta con varias opciones de programación, controla la frecuencia de oscilación de la onda sinusoidal, para manipular la velocidad y giro del motor. Véase en la **Figura 13-2**, (microautomacion, 2020)(Ingeniería de Sistema Automatas, 2015, p.13). Las características se muestran en la **Tabla 11-2**.



Figura 13-2: Variador de frecuencia Siemens

Fuente: (S.L., 2019); (© Siemens, 1996)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Tabla 11-2: Características Principales del Variador Siemens G110

DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
Tipo de Dispositivo	Variador de Frecuencia
Modelo	G110
Marca	Siemens
Voltaje	200 - 240 V
Potencia	1 hp
Frecuencia de operación	>5Hz
Temp. de operación	-10°C + 50 °C
Dimensiones anch x larg x alt	90 x 150 x 116 mm

Fuente: (S.L., 2019); (© Siemens, 1996)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.15. Quemador Gas licuado de petróleo

El objetivo de un quemador industrial es combinar combustible con oxidante-aire y proveer suficiente energía de ignición para iniciar y sostener el proceso de combustión. En la **Figura 14-2**, muestra el quemador implementado en el deshidratador, más detalles de construcción en **capítulo 3.7** de este informe.



Figura 14-2: Quemador industrial de gas licuado de petróleo
Fuente: (Tecnovapor, 2017)
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.16. Chispero ignitor

Es el encargado de generar la chispa inicial para que el gas licuado de petróleo combustione dentro de la cámara de calor, excitado por un transformador que eleva su voltaje que produce un arco eléctrico controlado, como se muestra en la **Figura 15-2**



Figura 15-2: Electrodo cerámico
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.17. Software de Programación y Simulación de Procesos Industriales.

2.17.1. SolidWorks

Es un software de diseño para piezas mecánicas, que permite realizar, planos, modelar piezas y ensamblajes. Se elaborará el diseño virtual del deshidratador, con la creación de sus piezas y partes.



Figura 16-2: SolidWorks programa de diseño mecánico
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

2.17.2. TiaPortal

Es el Software de programación del PLC, brindado por el fabricante SIEMENS, es utilizado para programar las secuencias de los procesos y simular, además, revisar los errores de la programación en tiempo real que facilita la resolución de problemas.



Figura 17-2: Software TiaPortalV15 programador de equipos siemens
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se muestra la implementación del deshidratador, razón por la cual se eligen los materiales y equipos, el software de programación, los diagramas de flujos, los análisis de datos, y todos los componentes necesarios para lograr un producto deshidratado de calidad, además disminuye los tiempos de producción al poseer bandejas rotativas y control de las variables climáticas. En este informe se denominará “INCORE”

3.1. Requerimientos del deshidratador.

En base de la investigación realizada en el capítulo anterior se identifican los requerimientos necesarios para implementar el deshidratador para frutas con variables climáticas controladas:

- Implementar un diseño mecánico para deshidratar frutas por convección de calor y bandejas rotativas.
- Deshidratar frutas por medio de calor con el control de variables climáticas, hasta 75°C en temperatura y la humedad relativa al 15%.
- Intercambiador de calor que cambie la energía producida por el quemador GLP en Calor.
- Fluir el aire caliente a las bandejas rotativas en la cámara de secado.
- Equipo autónomo en el proceso de secado, que no necesite la intervención del operario.
- Deshidratar un promedio de 10Kg para frutas por proceso de secado artificial.
- Poseer una Pantalla HMI que permita seleccionar el tipo de fruta: manzana, fresa, piña.
- Control visual permanente del interior de la cámara de secado al usuario.
- Material de acero inoxidable AISI304, de tipo uso alimenticio para deshidratar las frutas.
- Disponer de un equipo de protección de fugas de Gas Licuado de Petróleo.
- Tener un variador de frecuencia para reducir las revoluciones del motor y girar las bandejas a 4rpm

3.2. Consolidación general del deshidratador

El deshidratador automatizado para frutas consta de sensores, intercambiador de calor, pantalla, y un Controlador Lógico Programable donde se coordinan los procesos necesarios para obtener

control de las variables climáticas en las bandejas rotativas por el tipo de fruta a deshidratar. En la pantalla el operador puede visualizar el proceso, como también puede seleccionar el tipo de fruta. El intercambiador de calor es donde se produce la transformación de energía: el fuego generado por el Quemador industrial lo transforma en Calor, Calor que es leído por los sensores, que mantiene las variables climáticas controladas. En la **Figura 1-3**, se muestra la consolidación general del Deshidratador para frutas

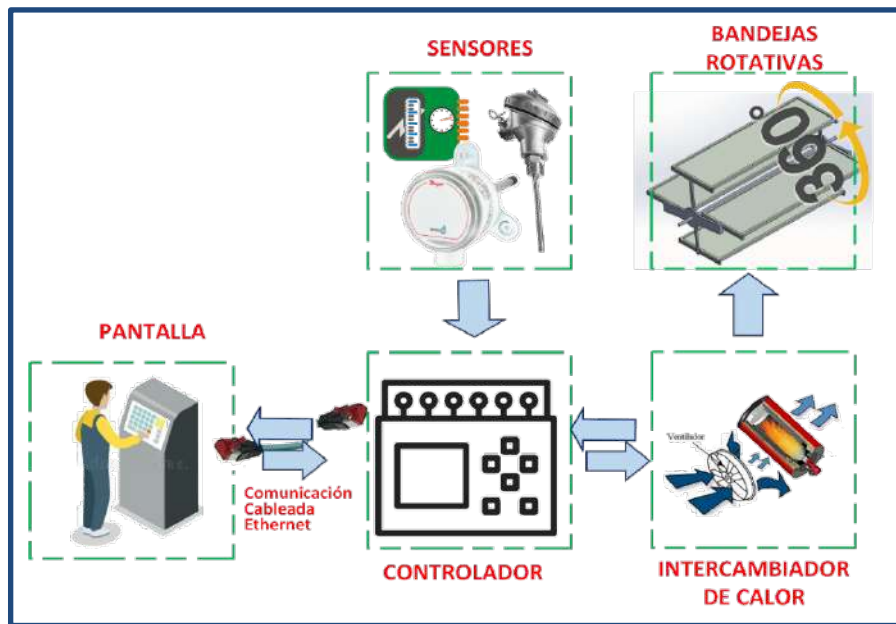


Figura 1-3: (a) Consolidación general del equipo
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.3. Arquitectura del deshidratador.

En la **Figura 2-3**, se muestra las etapas del deshidratador para frutas: La *etapa de Alimentación* es la encargada de abastecer la energía de 220 VCA para todo el sistema; *etapa de generación de calor*; es la etapa de transformación de energía: el intercambiador de calor quien recibe el fuego producido por el GLP en una cámara, y lo transforma en calor, el sistema eólico es el encargado de circular el calor por la etapa de secado; *etapa de secado*, donde se encuentra las bandejas rotativas en la que se produce la deshidratación de las frutas en los periodos de tiempo establecidos; *etapa de obtención de datos* está compuesto de sensores: de temperatura y humedad que envían datos a la etapa de procesamiento para la toma de decisiones; la *Etapa de Procesamiento de datos*: esta precedido por el controlador lógico programable encargado de recopilar la información, para controlar: las variables climáticas, las bandejas rotativas, y el tiempo de exposición de las frutas al interior de la cámara de secado; La *etapa de Transmisión*: comunicación cableada de Red dedicada para toda implementación de tipo industrial, que facilita su administración sin cambios estructurales en conexiones físicas; La *Etapa de visualización*:

precedida por una pantalla táctil, donde se visualiza y se ingresa los tipos para frutas a deshidratar, al tener una interfaz amigable al usuario.

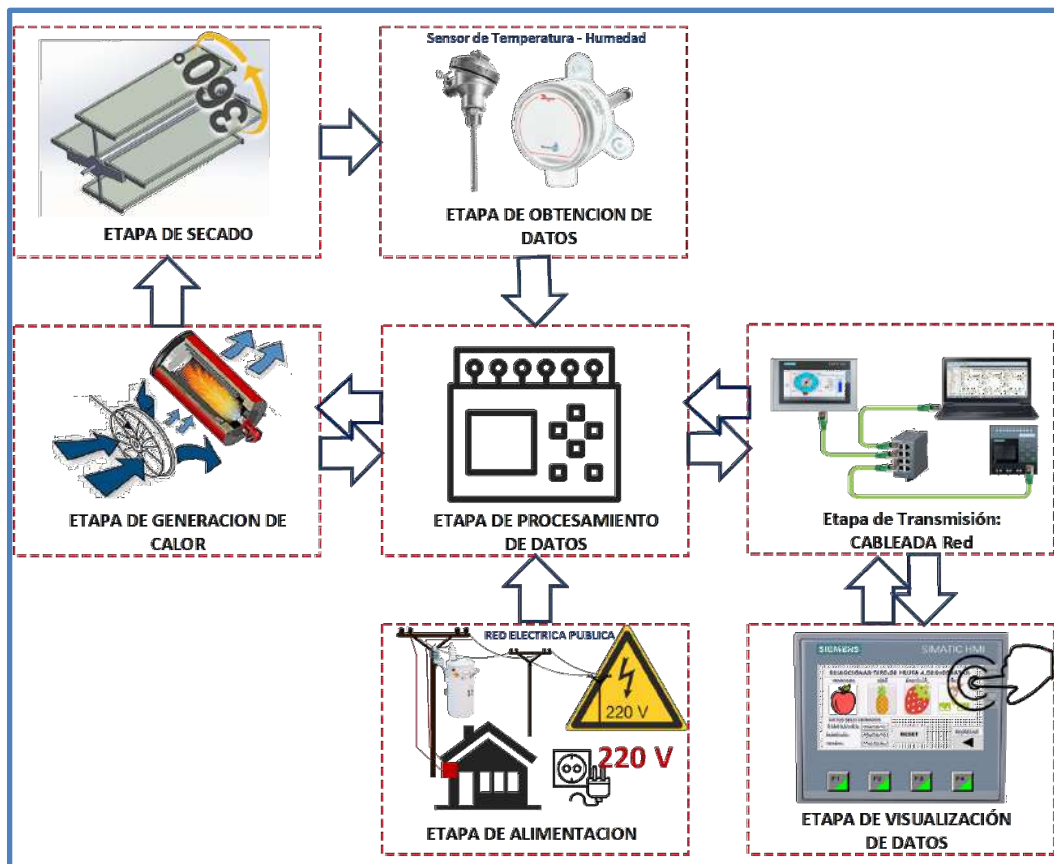


Figura 2-3: Arquitectura por etapas del hardware del deshidratador.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4. Desarrollo de las etapas del deshidratador INCORE

A continuación, se desarrollará las etapas expuestas en el análisis realizado en la arquitectura del deshidratador de la **Figura 2-3**.

3.4.1. Etapa de Alimentación

Encargada de suministrar el recurso eléctrico para el deshidratador, está conformado por fuentes AC y DC para energizar todos los elementos del deshidratador para frutas, la fuente AC provee al sistema de 110VCA y 220 VCA de L-N; L-L respectivamente; y la fuente DC a 24VDC. Como se muestra en la **Figura 3-3**.

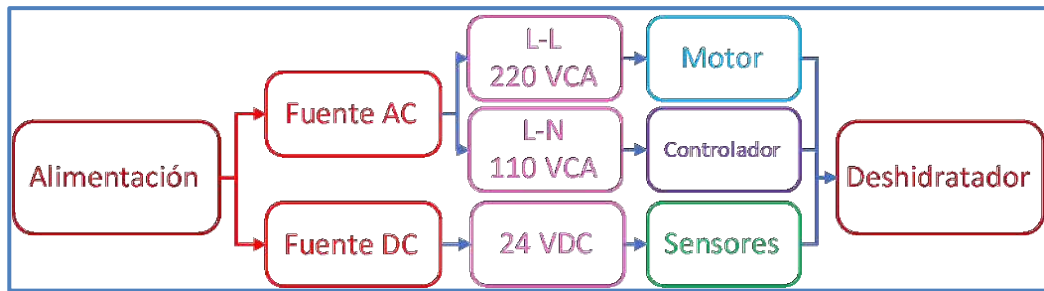


Figura 3-3: Diagrama de bloques de la Alimentación del deshidratador.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4.2. Etapa de Generación de Calor.

En la **Figura 4-3**, demuestra la alimentación de la solenoide para habilitar el fluido de GLP, conjuntamente con el chispero que genera un arco eléctrico controlado, que al combinarlo produce fuego en el Quemador, con el intercambiador se transforma la energía del GLP en calor, con la energía eólica se crea un flujo de aire caliente para las bandejas rotativas, la etapa de *generación de calor* es controlado por la etapa de procesamiento, que realizará el control ON/OFF del quemador para el control de temperatura.

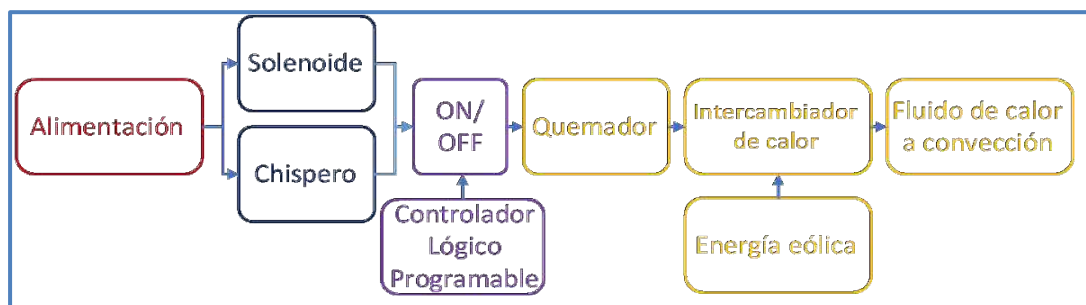


Figura 4-3: Diagrama de bloques de la Generación de Calor.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4.3. Etapa de Secado

En la **Figura 5-3**, Es la etapa donde se produce la deshidratación, consta de las bandejas rotativas, y los sensores que conforman la etapa de adquisición de datos. Las bandejas rotan con el control de velocidad del motor realizado con el variador de frecuencia, y el calor que circula en las bandejas proveniente de la etapa de generación de calor.

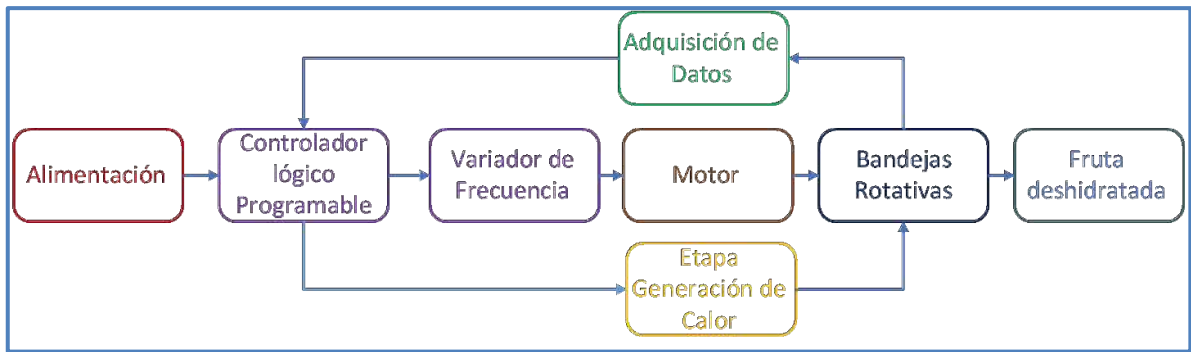


Figura 5-3: Diagrama de bloques de la etapa de secado.
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4.4. Etapa de Obtención de Datos

En la **Figura 6-3**, se muestra el diagrama de bloques de *adquisición de datos*, que se preside por los sensores de temperatura y humedad, alimentados con una fuente de 24VDC, para realizar la adquisición de datos, enviados inmediatamente a la etapa de *procesamiento* que al analizar los datos mantiene constantes las variables climáticas, en el proceso de deshidratado.

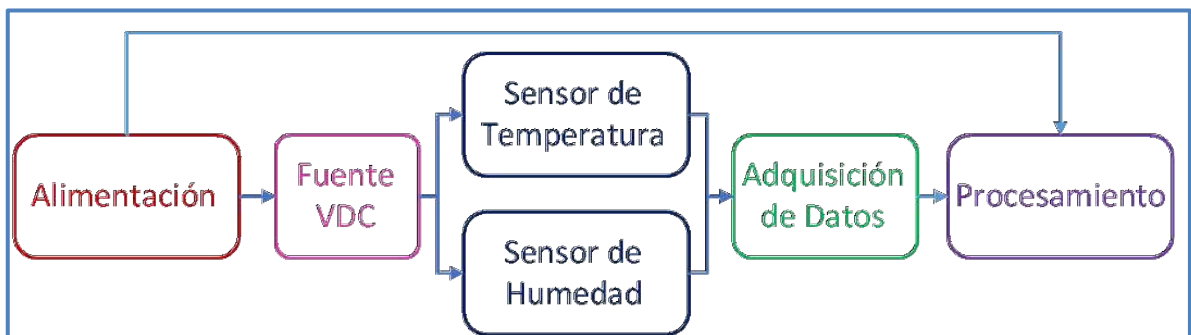


Figura 6-3: Diagrama de bloques de la Adquisición de Datos
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4.5. Etapa de procesamiento de Datos

En la **Figura 7-3** La etapa de procesamiento es aquella que: recopila, analiza los datos obtenidos de las etapas de *adquisición de datos*, *generación de calor* y la *etapa de visualización*; mantiene la temperatura en la cámara de secado con un control ON/OFF al quemador, y ejecuta las instrucciones realizadas en el HMI por el operador.

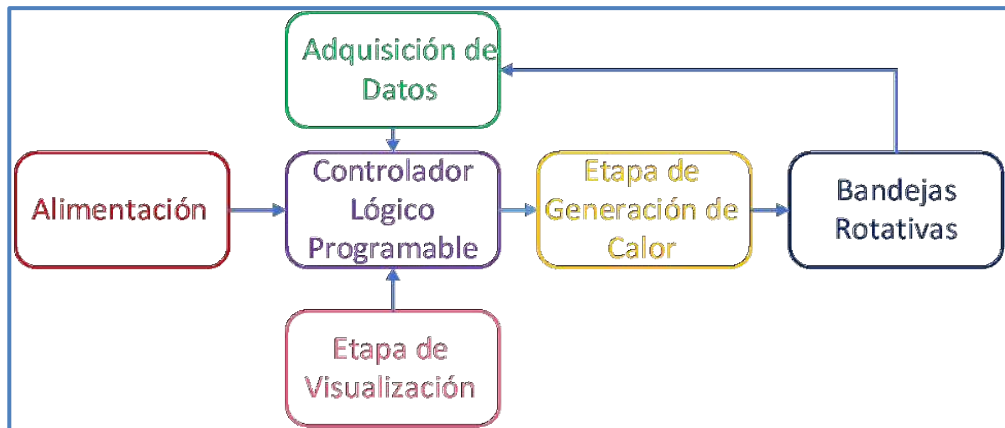


Figura 7-3: Diagrama de bloques de Procesamiento de Datos
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4.6. Etapa de Comunicación y Transmisión de datos

Es conexión tipo Cableada que establece enlaces confiables por medio de la Red Ethernet, como se muestra en la **Figura 8-3**, es un tipo de enlace dedicado para equipos de implementación Industrial, que ofrece la marca SIMATIC S de Siemens, esta configuración evita retardos, perturbaciones, alteración en los datos, y errores en la ejecución de los procesos.

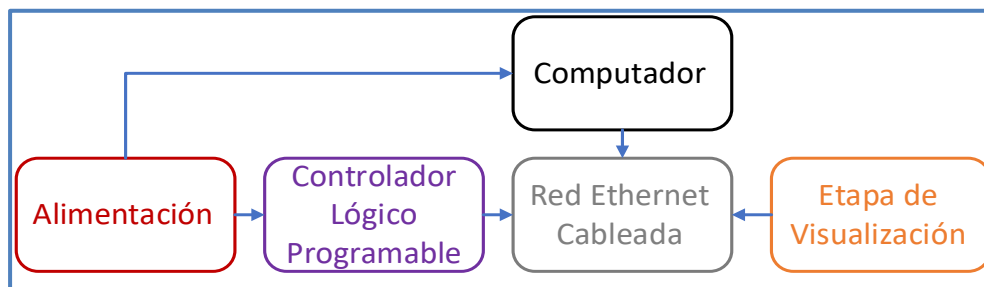


Figura 8-3: Diagrama de bloques de red ethernet
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.4.7. Etapa de Visualización

Se preside por una Pantalla HMI, donde se genera una visualización del proceso y habilita al usuario seleccionar el proceso a empezar por el tipo de fruta, el modo de comunicación es de tipo cableada ethernet, que permite la comunicación instantánea de todos los elementos del sistema.

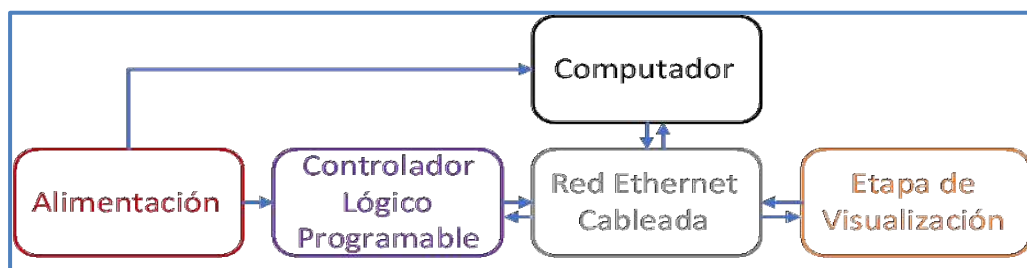


Figura 9-3: Diagrama de bloques de la etapa de Visualización
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.5. Selección de componentes de *hardware* para la construcción del deshidratador.

Al analizar los requerimientos del deshidratador, y cada uno de las etapas que lo conforman, se procede a seleccionar los componentes adecuados para la implementación del deshidratador. Se empieza con el diseño del deshidratador.

3.5.1. *Diseño del deshidratador*

Para la implementación del deshidratador se considera los *métodos de deshidratación* de este informe, al seleccionar el deshidratador de bandejas rotativas, el diseño reside en un deshidratador tipo horno debido a su simplicidad y principio de funcionamiento, además, la configuración de las bandejas perforadas giratorias aumenta la acción del aire en la superficie del sólido expuesto, por lo tanto, disminuye los tiempos de secado. El diseño se muestra en la **Figura 10-3**.

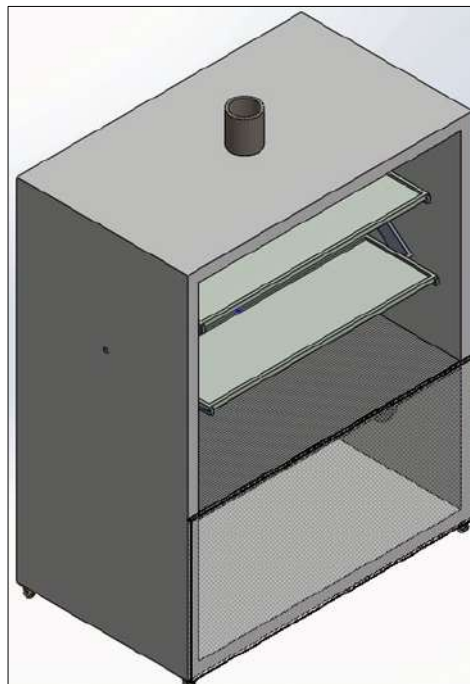


Figura 10-3: Diseño del deshidratador
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.2. *Diseño de la etapa de generación de calor*

En la generación de calor se considera un diseño térmico que consta de un quemador Industrial, una cámara cerrada o intercambiador de calor con la unidad de eliminación de desechos tóxicos producidos por GLP. Como se muestra en la **Figura 11-3**.

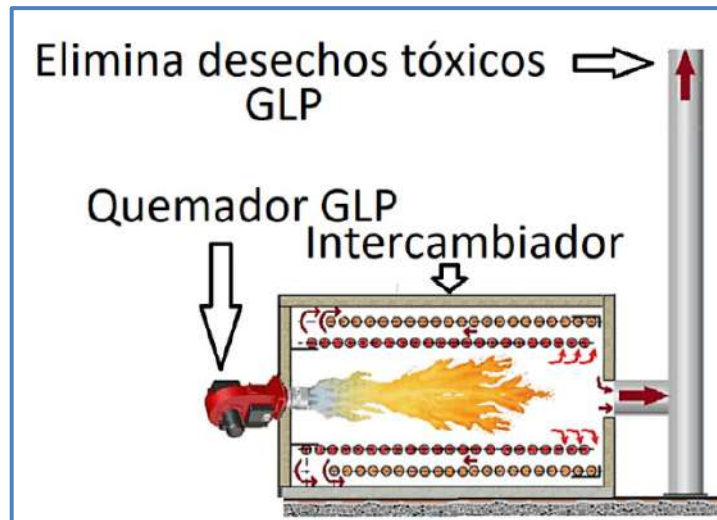


Figura 11-3: Diseño de la etapa de generación de calor
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.2.1. Implementación del Quemador GLP

El objetivo de un quemador industrial es combinar combustible con el aire y proveer suficiente energía de ignición para iniciar y sostener el proceso de combustión. A continuación, se analiza la potencia de nuestro quemador para la fuente de calor.

3.5.2.2. Dimensionamiento de la fuente de calor

Para los cálculos necesarios se extrae datos de la fruta manzana de la **Tabla 1-2**, donde se expone: temperaturas, humedad relativa, humedad absoluta y tiempos de deshidratación. La transferencia de calor por convección ocurre cuando se traslada calor desde un punto a otro, esta convección puede ser natural o forzada. Dicho fenómeno se puede modelar con la ley de enfriamiento de Newton que se enuncia en la siguiente ecuación:

Ecuación 1-3:

$$Q = h * A * (T_M - T_m)$$

Donde:

- Q : Flujo de calor transferido por convección.
- h : Coeficiente de transferencia de calor por convección.
- T_M : Temperatura mayor del sistema.
- T_m : Temperatura menor del sistema

Para dimensionar la fuente de calor se debe conocer la masa que se desea secar y la densidad a temperatura ambiente, para posteriormente calcular el volumen mediante la **ecuación 3-2**:

Ecuación 2-3:

$$m_T = \delta * v.$$

Donde:

m_T : Masa total del producto.

δ : Densidad del producto.

V : Volumen del producto

La capacidad máxima de secado será de 10 Kg, se considera los datos de la **Tabla 2-1**; se hace el cálculo para conocer la máxima cantidad de agua que será removida mediante la fórmula:

Ecuación 3-3:

$$Ma = MT * (Hi - Hf)$$

$$Ma = 10 * (0,84 - 0,14)$$

$$Ma = 7 \text{ Kg}$$

La masa del producto luego del proceso de deshidratación (Mpd) se resta del total.

Ecuación 4-3:

$$Mpd = MT - Ma$$

$$Mpd = 10 - 7 = 3 \text{ Kg}$$

Ahora se debe obtener el valor del calor sensible que indica la cantidad de calor requerida para cada kg de masa al elevar la temperatura en 1°C.

Ecuación 5-3:

$$Qs = Ma * Cp * (Ts - Ta)$$

Donde:

Qs = calor sensible

Ma = 7 Kg para la manzana

Cp =4180 J/Kg*°C

Ts =50°C

Ta =18 °C para Riobamba

$$Qs = 7 * 4180 * (50 - 18)$$

$$Qs = 0,9363 \text{ MJ}$$

Luego se debe obtener el valor del calor sensible que indica la cantidad de calor requerida para que un cuerpo cambie de fase.

Ecuación 6-3:

$$Ql = Ma * (Hv - Hliq)$$

La masa de agua que debe removerse es de 7 Kg para la manzana y con una temperatura de secado de 50 °C. los valores de entalpia en estado de vapor y estado líquido del agua son de 2617,51 KJ/Kg y 272,079 KJ/Kg respectivamente.

$$Ql = 7 * (2617,51 - 272,079)$$

$$Ql = 0,0164 MJ$$

El calor total que necesita entregar la fuente para deshidratar la fruta manzana se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 7-3:

$$Qtotal = Qs + Ql$$

$$Qtotal = 0,9363 + 0,0164$$

$$Qtotal = 0,9527 MJ$$

Para hallar la potencia requerida por la fuente de calor, se toma los tiempos de la tabla de propiedades para frutas.

Ecuación 8-3:

$$P = Qtotal/t$$

$$P = 52,93 W$$

En la **Tabla 1-3**, se muestra el cálculo de potencia requerida para el deshidratado de las diferentes frutas:

Tabla 1-3: Cálculo de potencia en Watts para la máquina

Datos obtenidos Para Cálculo De Potencia						Potencia de
MT (kg)	Ma (Kg)	Mpd (Kg)	Qs (MJ)	Ql (MJ)	Qtotal	P (W)
10	7	3	0,94	0,02	0,95	52,93
10	7	3	1,23	0,02	1,25	62,90
10	6,4	3,6	0,99	0,02	1,00	62,03
10	6	4	1,05	0,01	1,07	98,84
10	6,5	3,5	1,01	0,02	1,02	63,00
10	6,7	3,3	1,04	0,02	1,05	53,13

Fuente: (Creus, 1988)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

De la **Tabla 1-3** se escoge la potencia de mayor valor ya que el deshidratador será destinado para el secado de diferentes frutas.

$$P= 98,84 \text{ W}$$

Por la potencia requerida se optó por adquirir un **Blower de 1/4 HP**.

A continuación, los materiales que se utilizó en la fabricación del quemador. Se detalla en la **Tabla 2-3**.

Tabla 2-3: Especificaciones de diseño del deshidratador

MATERIALES EMPLEADOS EN LA FABRICACION DEL QUEMADOR		
ITEM	MATERIAL	DESCRIPCION
1	Blower ¼ de Hp	Genera el aire para posterior combinarla con GLP.
2	Difusor	Es la unidad donde se produce la mezcla de combustible GLP con oxidante-aire
3	Chicler	Es un tubo de cobre acoplado en un extremo una esprea para la salida de combustible y al otro un acople para abastecer de combustible GLP.
4	Chispero	Es un electrodo de cerámica, que genera un arco eléctrico controlado.

Fuente: (Tecnovapor, 2017)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

En la **Figura 12-3**, se muestra la implementación de los materiales empleados en la fabricación del quemador.

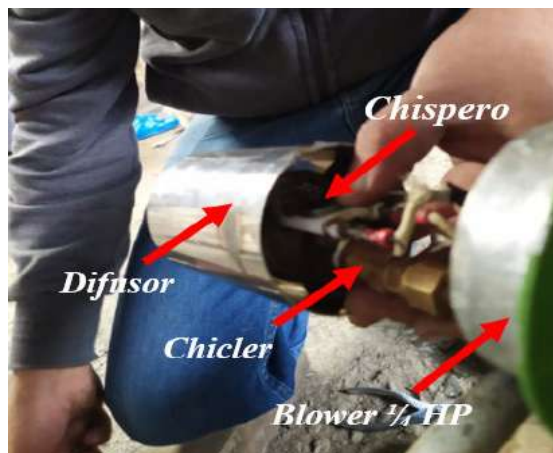


Figura 12-3: Elementos internos del quemador

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.2.3. Ensamblado del Quemador

Con un *Blower* de ¼ de Hp se induce la mezcla de aire controlada; con el *chispero* se excita una chispa, y el *Chicler* abastece de combustible GLP. Se realiza una perforación en la parte posterior del *Blower*, como se muestra en la **Figura 13-3**, además se crean moldes o perforaciones en el difusor para compactar los elementos que conforman el quemador industrial. como muestra la **Figura 14-3**



Figura 13-1: Tubería GLP de cobre en Blower
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.



Figura 14-3: soportes para compactación de elementos.
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Se procede a terminar el diseño e implementación del quemador industrial. se realiza los test: *primero* se energiza el transformador para que excite los electrodos, que generan una chispa, véase la **Figura 15-3**.



Figura 15-3: Electrodo excitado del quemador
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Se regula la cantidad de aire y combustible para controlar la flama del quemador, ver **Figura 15-3**.



Figura 16-3: Quemador industrial implementado y control de flama
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.2.4. Diseño del intercambiador de calor

A continuación, en la **Figura 17-3**, se muestra el diseño del intercambiador, con el sistema eólico que genera la circulación de aire caliente.

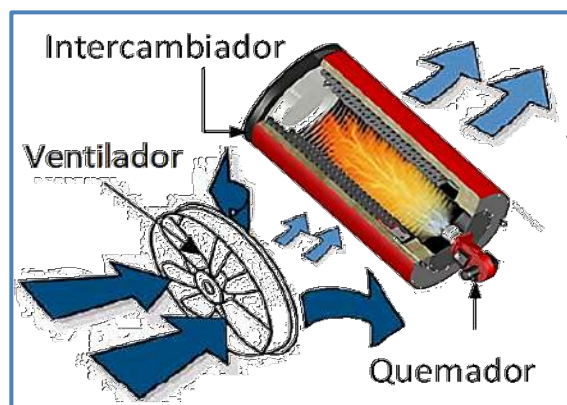


Figura 17-3: Diseño del intercambiador de calor
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

El diseño del intercambiador de calor, muestra el fluido de aire, creado por el sistema eólico, que atraviesa las mallas perforadas para la cámara de secado. En la **Figura 18-3**, está el intercambiador implementado en el deshidratador.



Figura 18-3: Intercambiador de calor del deshidratador
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.2.5. Energía eólica

Se refiere al fluido de aire producido por un ventilador de $\frac{1}{4}$ de Hp, **Figura 19-3**, para detalles del ventilador véase el **Capítulo 3.5.3.1**; el cual se implementó en la parte posterior, el sistema eólico se encargará de enviar el aire caliente hacia la cámara de deshidratación de manera uniforme y constante.



Figura 19-3: Sistema eólico del intercambiador de calor
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.3. Diseño de la cámara de secado

Para la implementación del deshidratador se continúa con las características constructivas de un secador tipo horno, ver en la **Figura 20-3**; adicionalmente es aquí donde se implementa la configuración de las bandejas perforadas giratorias para aumentar la acción del calor producido por intercambiador en la superficie del sólido expuesto.

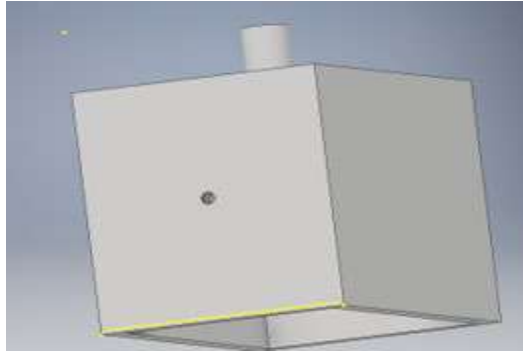


Figura 20-3: Cámara de secado y bandejas
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.3.1. Dimensionamiento de bandejas en la cámara de deshidratador

En primera instancia se debe conocer el volumen que se va a deshidratar, se parte de la **Ecuación 3-3**.

$$MT = \delta * v$$

Ecuación 9-3: Volumen a deshidratar

$$v = \frac{M_T}{\delta}$$

Se inicia con una masa total de 10 Kg con una carga de 2,5 kg por bandeja y una densidad de 84,3 Kg/m³. Se aplica la **Ecuación 9-3**.

$$V_{max} = \frac{10Kg}{84,3 Kg/m^3}$$

$$V_{max} = 0,119 m^3$$

En el dimensionamiento de las bandejas se consideró las siguientes medidas.

Lbandeja=250 mm
Abandeja= 800 mm
Hbandeja= 15 mm

$$V_{bandeja} = 0,03 m^3$$

Cálculo de las bandejas necesarias para la producción diaria de las frutas deshidratadas:

Ecuación 10-3: Calculo de bandejas

$$N^{\circ}bandejas = \frac{V_{max}}{V_{bandeja}}$$

Se aplica la **Ecuación 10-3**.

$$N^{\circ}bandejas = \frac{0,119}{0,03}$$

$$N^{\circ}bandejas = 4 \text{ bandejas}$$

De acuerdo con el diseño del deshidratador, las dimensiones de la cámara de secado se muestran a continuación:

$$Ancho = 1 \text{ m}$$

$$Largo = 0,56 \text{ m}$$

$$Alto = 0,7 \text{ m}$$

Estas medidas permiten que las bandejas giren sin dificultades dentro de la cámara. Los parámetros calculados y dimensiones del deshidratador se muestran en la **Tabla 3-3**.

Tabla 3-3: Especificaciones de diseño del deshidratador

Parámetros	Abreviación	Valor (Unidad)
Masa total del producto	MT	10 kg
Temperatura ambiente	Ta	18 °C
Potencia requerida para la fuente de calor	P	98,84 W
Largo de la bandeja	Lbandeja	0,25 m
Ancho de la bandeja	Abandeja	0,80 m
Altura de la bandeja	Hbandeja	0,015 m
Numero de bandejas	N°bandejas	4 bandejas
Ancho de la cámara de secado	Ancho	1 m
Altura de la cámara de secado	Altura	0,7 m
Profundidad de la cámara de secado	Largo	0,56 m

Fuente: (Morocho, 2015)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

De acuerdo al cálculo establecido se opta por construir 4 bandejas rotativas con una carga total de 2.5 kg por cada una, con un total de 10 Kg por proceso de deshidratado, como se muestra en la **Figura 21-3**.



Figura 21-3: Bandejas rotativas del deshidratador

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.4. Selección del material de fabricación

Debido a que se trabajará con alimentos, la máquina deshidratadora es fabricada de acero inoxidable AISI 304.

3.5.5. Acero inoxidable AISI 304

Es el acero inoxidable, llamado “austenítico” por contener aleaciones con cromo y níquel con bajo contenido de carbono que presenta una buena resistencia a la corrosión y por su facilidad de trabajo en frío y soldabilidad, este acero es usado extensivamente para fabricación de utensilios domésticos. Las características se muestran en la siguiente **Tabla 4-3**. (Carbone Stainless Steel, 2016, p. 6-8)

Tabla 4-3: Características técnicas de acero inoxidable

Tabla de características técnicas del acero inoxidable		Serie 300		
		Acero al cromo - Níquel	Acero al cromo - Níquel - molibdeno	
Designación	Tipo AISI	304	316	
	Composición química	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 18% - 20%* ni 8% - 10,5%*	C ≤ 0.08%* Si ≤ 1.00% Mn ≤ 2.00% Cr 16% - 18%* ni 10% - 14%* Mo 2% - 2.5%*	
Propiedades físicas	Peso específico a 20 c (densidad)	(g/cm ³)	7.9	7.95 - 7.98
	Módulo de elasticidad	(n/mm ²)	193,000	193,000
	Estructura		Austenítico	Austenítico
	Calor específico a 20 c	(j/kg k)	500	500
	Conductividad térmica a 20 c/100c	(w/m k)	15 / 16	15 / 16
	Coefficiente de dilatación a 100 c	(x 10 ⁶ c ⁻¹)	16.0 - 17.30	16.02 - 16.5
	Intervalo de fusión	(c)	13981454	13711398
Propiedades eléctricas	Permeabilidad eléctrica en estado Soluble recocido		Amagnético 1.008	Amagnético 1.008
	Capacidad de resistencia Eléctrica a 20 c	(μΩm)	0.72 - 0.73	0.73 - 0.74

Fuente: (irestal group, 2007)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.6. Selección de vidrio

Se realiza un análisis para determinar el mejor material de vidrio para el deshidratador, como muestra la **Tabla 5-3**:

Tabla 5-3: Comparativa entre vidrio común y vidrio templado de 6mm

Característica	Vidrio común	Vidrio Templado
Densidad	2.5 G x CM2 aprox.	2.5 G x CM2 aprox.
Fractura	En grandes fragmentos con puntas agudas muy peligrosas de formas y dimensiones diversas	En pequeñas partículas de formas redondeadas para mayor seguridad.
Resistencia al impacto	Resiste el impacto de una bola de Acero de 227 Gr que se deja caer de una altura de 30 cm.	Resiste el impacto de una bola de Acero de 227 Gr que se deja caer de una altura de 3 Metros.
Esfuerzo térmico	Resiste una temperatura diferencial de 40° entre sus caras	Resiste una temperatura entre diferencial de 250° entre sus caras
Resistencia a la flexión	Resiste 37 Kg de carga concentrada con una deflexión de 11 mm	Resiste 170Kg de carga concentrada con una deflexión de 70 mm y recupera su estado original

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Se escoge el vidrio templado con 6mm de espesor, por el tratamiento térmico que es sometido en su fabricación, el cual permite aumentar su resistencia de flexión y ser capaz de soportar las temperaturas generadas por el deshidratador. Se implementó la puerta con vidrio templado de 0,40x0,40 cm; como se muestra en la **Figura 22-3**, el vidrio templado adecuado para la manipulación alimenticia, además, soporta temperatura min de -30°C; máxima de 250°C



Figura 22-3: Puerta con vidrio Templado

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.7. Ensamblaje de las etapas de generación de calor y etapa de secado del deshidratador

En la implementación del deshidratador, se obtuvo un diseño vertical del deshidratador de alimentos con bandejas rotativas, con capacidad de controlar variables climáticas, en la cámara de secado. Como se muestra en la **Figura 23-3**.



Figura 23-3: Deshidratador para frutas
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

El deshidratador para frutas implementado es de acero inoxidable AISI 304, además cuenta con un vidrio templado de 6mm en su puerta, incluso, consta de un quemador ubicado en la parte inferior de su estructura, que induce el fuego al intercambiador para transformar la energía en calor; al mismo tiempo envía el calor hacia la cámara de secado ubicada en la parte superior, por lo tanto, se controla las variables climáticas artificiales para el proceso de deshidratado de las frutas. Consecuentemente el calor atraviesa las mallas perforadas de la cámara En la **Tabla 6-3**, sus características del diseño.

Tabla 6-3: Especificaciones del equipo deshidratador

ESPECIFICACIONES DEL DESHIDRATADOR	
DESCRIPCION	DETALLES
Material de Fabricación	Acero inoxidable AISI 304
Tipo	Vertical Tipo Horno
Funcionalidad	Aire caliente, convección
Bandejas	4 bandejas
Tipo de bandejas	Rotativas con malla perforada
Rotación de bandejas	si
Tamaño de bandejas: base x profundidad x altura	0,25 x 0,80 x 0,015 m
Tamaño del deshidratador: base x profundidad x altura	1,00 x 0,60 x 1,23 m
Peso en Kg del deshidratador	113,20 kg
Motor Trifásico	Siemens 0,75Hp / IP55
Quemador tipo	Industrial
Variador de Frecuencia	Simatics G110
Voltaje requerido	220v L-L-N
Toma corriente requerido	50 amperios ver Figura 4-3
Pantalla	HMI kp 400 color 7'

Fuente: CUEVA, Cristian, 2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020

3.5.8. *Dispositivo de obtención de datos.*

Son elementos electrónicos que permiten medir la temperatura y humedad en un periodo de tiempo determinado, necesarios para controlar las variables climáticas en el deshidratador, los datos obtenidos son enviados a la etapa de procesamiento, donde se analiza, se compara y se ejecuta los procesos, para la toma de decisiones con los datos obtenidos de los sensores.

Sensores de temperatura y humedad

Se implementó los sensores PT 100 y RHP-2M1 al fondo de cada parte superior de la cámara de secado como muestra la **Figura 24-3**, por ser más precisos, confiables y aptos para el deshidratador industrial.



Figura 24-3:(a)Sensor de humedad;(b)Sensor de temperatura;(c)Implementacion del sensor
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.9. *Dispositivo de Procesamiento de Datos*

Son dispositivos que se encargan de recolectar, analizar, datos para la ejecución de procesos o tareas,

En el estudio del capítulo anterior se determinó que el Controlador Lógico Programable para el deshidratador es: PLC Siemens s7-1200, por su sistema modular, adaptable y precisión de los datos, que ofrece soluciones integrales en el deshidratador industrial.

3.5.9.1. *PLC Siemens S7 1200*

Es el controlador programable para realizar tareas de automatización de manera flexible y eficiente en el rango de rendimiento. Cuenta con una amplia gama de funciones tecnológicas e I/O integradas, así como un diseño compacto que ahorra espacio. Tiene un puerto Profinet integrado E/S, puerto de alta velocidad, posee también entradas analógicas incorporadas. Las características se detallan a continuación en **Tabla 7-3**.(Siemens, 2012, p.46-57)

- Sistema modular. - Realizar un programa
- Adaptable. - Toma de decisiones
- Preciso. - Tiene procesamiento propio.

Tabla 7-3: Características Principales del PLC s7 1200

DESCRIPCION	DETALLES
Dispositivo	PLC Siemens S7 1200
Tipo	Industrial
Voltaje de Entrada	110 VCA
Terminales Digitales	10 E/10S
Terminales Analógicos	2E / 2S
Memoria de Usuario	10 kB de trabajo
Memoria Flash	32KB
Velocidad del Procesador	1.6 GHz
Dimensiones ancho x largo x alto	110 x 100 x 75 mm
Peso	415 g
Puertos Profinet	1 Ethernet

Fuente: (Masterple 2020; Siemens, Automation y Cpu 2020)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.10. Tipo de Comunicación de datos para el deshidratador

El tipo de transmisión de datos es: cableada tipo red para este tipo de dispositivos industriales se aplica la configuración Profinet por características propias de los equipos siemens. Como muestra la **Figura 24-3**. Se muestra un diagrama implementado en Red Profinet, es un enlace de alta velocidad en el campo Industrial donde se exige velocidad, seguridad e integridad en la transmisión de sus datos.

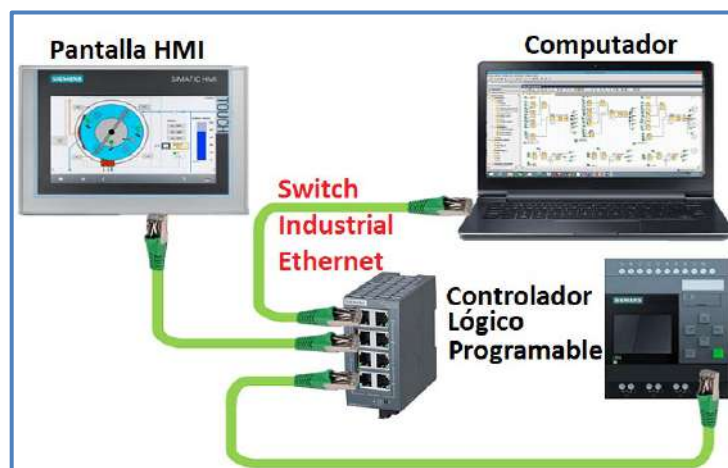


Figura 25-3: Topología de configuración vía interfaz Profinet
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.11. Dispositivos de Visualización

Se refiere a la Pantalla táctil, que permite la visualización y la selección de frutas por medio de interfaz gráfica programada, la Pantalla HMI kp-400, es la pantalla del deshidratador como muestra la **Figura 26-3**; encargada de ingresar los datos al seleccionar el tipo de fruta y visualizar sus variables con la función de monitoreo.

3.5.11.1. HMI (Interfaz Hombre Máquina)

Es un dispositivo electrónico el cual mediante una pantalla táctil permite al operario manipular o controlar el proceso, que da paso a la creación de una interfaz hombre-máquina, la cual debe satisfacer los requerimientos necesarios para cumplir un proceso industrial.



Figura 26-3: HMI siemens Ktp400

Fuente: (© Siemens, 1996)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.5.11.2. Funciones del HMI

Las principales funciones del HMI son:

- **Monitoreo:** Obtiene datos del proceso y visualiza los resultados en tiempo real.
- **Supervisión:** Monitoreo desde cualquier tipo de servidor que posea comunicación con el HMI.
- **Alarmas:** Reporta eventos por medio de límites de control y monitoreo ya preestablecidos.
- **Control:** Algoritmos del proceso y que estén dentro de ciertos límites.
- **Históricos:** Por unidad de tiempo muestrea y almacena datos adquiridos del proceso.



Figura 27-3: HMI en Función de Monitoreo

Fuente: (SIEMENS 2012)

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.6. Dimensionamiento protecciones eléctricas

Para calcular las protecciones se usó el método de dimensionamiento por corriente, que consiste en sobredimensionar la protección en un 25%. Se utiliza la **Ecuación 11-3**.

Ecuación 11-3: Corriente de Protección

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

3.6.1. Censo de Cargas Trifásicas.

MOTOR

Datos de placa del motor trifásico

Voltaje = 220 V bifásica

Potencia = 0,75 HP = 559,5 W

Corriente nominal motor = 1,45 A

Protección del motor:

$$I_p = 1,25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1,25 * 1,45 A$$

$$I_p = 1,8125 A$$

VARIADOR DE FRECUENCIA

Datos

Voltaje = 220 V bifásico

Corriente nominal del variador de frecuencia = 1,6 A

Protección variador de frecuencia:

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

$$I_p = 1.25 * 1,6$$

$$I_p = 2 A$$

Tabla 8-3: Censo de carga trifásica del tablero de control

Descripción	Corriente de protección	Cantidad	Corriente total
Motor trifásico	1,8125	1	1,8125
Variador de frecuencia	2	1	2
Corriente de protección total			3,8125

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Resultado: Para la protección de la red trifásica es necesario un breaker de 3 polos a 5 A.

3.6.2. Censo de Carga de Red Monofásica

PLC

Datos:

Voltaje = 110 V

Potencia = 11 W

Protección del PLC

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

$$I_{nominal} = \frac{11}{110}$$

$$I_{nominal} = 0,1 A$$

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

$$I_p = 1.25 * 0,1 A$$

$$I_p = 0,125 A$$

BLOWER QUEMADOR INDUSTRIAL

Datos

Voltaje = 110 V

Potencia = ¼ HP = 186,5 W

Protección de ventiladores

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

$$I_{nominal} = \frac{186,5}{110}$$

$$I_{nominal} = 1,6954 A$$

$$I_{pq} = 1,25 * I_{nominal}$$

$$I_{pq} = 1,25 * 1,6954 A$$

$$I_{pq} = 2,1193 A$$

BLOWER VENTILADOR

Datos

Voltaje = 110 V

Potencia = ¼ HP = 186,5 W

Protección del ventilador eólico I_{pv} = Protección ventilador quemador I_{pq}

$$I_{pv} = I_{pq}$$

$$I_{pv} = 2,1193 A$$

Corriente de protección del ventilador eólico

ELECTROVÁLVULA ON / OFF

Datos:

Voltaje = 230 V

Potencia = 26 W

Protección de la electroválvula

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

$$I_{nominal} = \frac{26}{230}$$

$$I_{nominal} = 0,1130 A$$

$$I_p = 1,25 * I_{nominal}$$

$$I_p = 1,25 * 0,1130 A$$

$$I_p = 0,1413 A$$

A continuación, en la **Tabla 3-9** detalla el cálculo de protecciones obtenidas.

Tabla 9-3: Censo de carga red monofásica

Descripción	Corriente de	Cantidad	Corriente total
PLC	0,125 A	1	0,125 A
Blower quemador industrial	2,1193 A	1	2,1193 A
Blower ventilador	2,1193 A	1	2,1193 A
Electroválvula on/ off	0,1413 A	1	0,1413 A
HMI	0,38 A	1	0,38 A
Fuente de alimentación	3,875 A	1	3,875 A
Fuente de ignición	0,3021 A	1	0,3021
Corriente de protección total			7, 1 A

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Resultado: Para la protección de la red monofásica se usará un breaker de 2 polos a 10 Amperios.

3.6.3. Dimensionamiento de contactor

Se utilizó un contactor de 20A para el motor, de acuerdo a su corriente nominal calculado anteriormente.

3.6.4. Dimensionamiento de los relés

Tabla 10-3: Dimensionamiento de los elementos relé.

Dispositivo	Corriente nominal	Valor del relay
Blower quemador	2,1193 A	5 A
Fuente de ignición	0,3021 A	5 A
Blower ventilador	2,1193 A	5 A
Electroválvula	0,1413 A	5 A

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.7. Implementación del tablero de control y potencia

Una vez realizada el diseño del circuito de control y potencia, dimensionamiento de las protecciones y calibres de conductor para cada circuito, se procede a realizar la implementación del tablero de control, como indica la **Figura 3-28**, el procedimiento se detalla a continuación:

- Distribución y colocación del riel DIN y canaletas en el interior del tablero.
- Ubicar los componentes como: PLC, fuente de alimentación, contactor, relés, borneras y variador de frecuencia.
- Realizar el cableado correspondiente con los calibres para cada conexión y basándose en el diagrama de control eléctrico y potencia.



Figura 28-3: Tablero de control implementado
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.8. Requerimiento de Diseño de Software

Para analizar, procesar, recopilar, datos y controlar las variables climáticas, se utiliza la aplicación Software del fabricante del controlador lógico programable. Se detalla el requerimiento del Software.

Los requerimientos del software son:

- Diseñar una interfaz visual para el ingreso, visualización de las frutas a deshidratar.
- Proporcionar datos de los sensores para controlar las variables climáticas.
- Simulación online para ayudar en la resolución de problemas.

3.9. Arquitectura de Software del deshidratador para frutas

Es la plataforma virtual que permitirá inducir la coordinación de tareas en la etapa de procesamiento para todos sus componentes necesarios al automatizar el deshidratador para frutas. El software de programación del deshidratador es: TIA PORTA V15 de siemens, **Figura 17-2**; además, brinda un soporte extendido y la facilidad de programación para el PLC s7 conjuntamente con la pantalla HMI kp-400 en un solo aplicativo.

3.9.1. Programación del PLC

En primera instancia se identifica las variables del PLC

Variables de Entrada

Tabla 11-3: Variables de Entradas

DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN
Botón Start	%I.00
Botón Stop	%I.01
Botón Emergencia	%I.02

Fuente: Cueva Cristian ,2020
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Variables de Salida

Tabla 12-3: Variables de Salida

DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN
Solenoide	%Q.00
Chispero	%Q.01
Blower	%Q.02
Motor	%Q.03
Luz Start	%Q.04
Luz Stop	%Q.05

Fuente: Cueva Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Entrada de Señales Analógicas

Tabla 13-3: Entradas Señales Analógicas.

DESCRIPCIÓN	ASIGNACIÓN
PT100 H	%IW1.0
Termocupla	%IW1.1

Fuente: Cueva Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.9.2. *Diseño circuito de control*

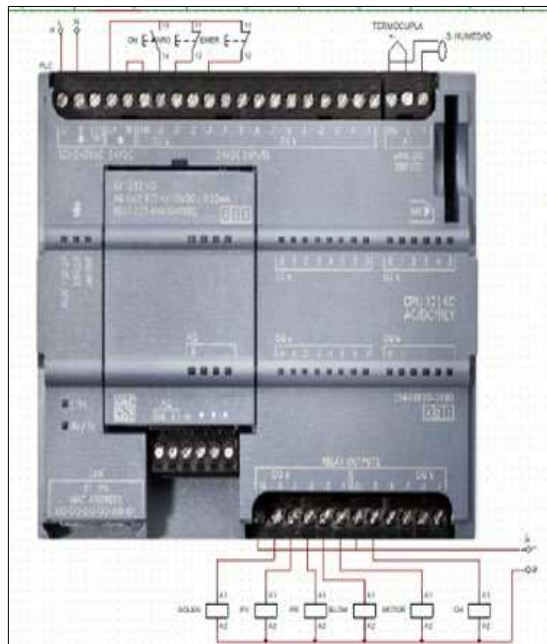


Figura 29-3: Diseño del circuito de control

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.9.3. Diseño del circuito de potencia

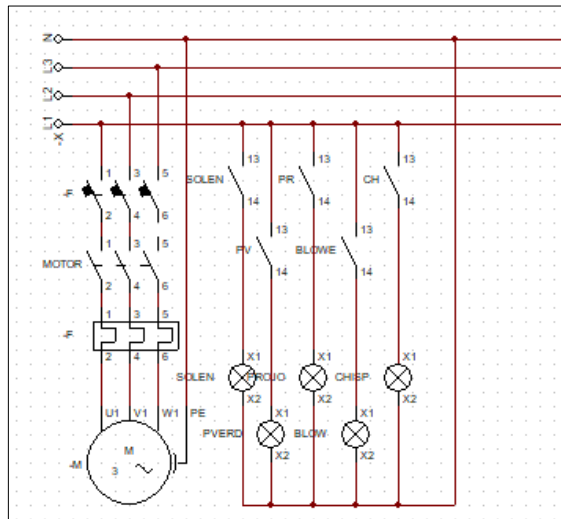


Figura 30-3: Circuito de potencia implementado.

Fuente: CUEVA Cristian, 2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Es necesario definir la secuencia para llevar a cabo el proceso de deshidratado para frutas, para ello se realiza el sistema de control de temperatura, que se llama GuardDog por la simplificación del proceso para el deshidratador. Para la programación consulte el **Anexo 7-1**.

3.9.3.1. Sistema de control de temperatura o Sistema GuardDog.

El sistema de control de temperatura se encuentra en etapa de generación de calor, ver **Figura 31-3**, está conformado por una termocupla (FCLD), que supervisa si el quemador está en estado ON/OFF; su función será:

Etapa Inicio: Encender el quemador al excitar el chispero y la electroválvula en ONN, para producir el fuego.

Etapa Secado: Se verifica la existencia de flama o fuego en el quemador por la fotocelda, al no presentar fuego FCLD=0; ejecutar el proceso de encendido del quemador; si el fuego no se produce, cerrar la electroválvula en OFF, para evitar fugas de gas. Como se indica en el diagrama de flujo **Figura 31-3**

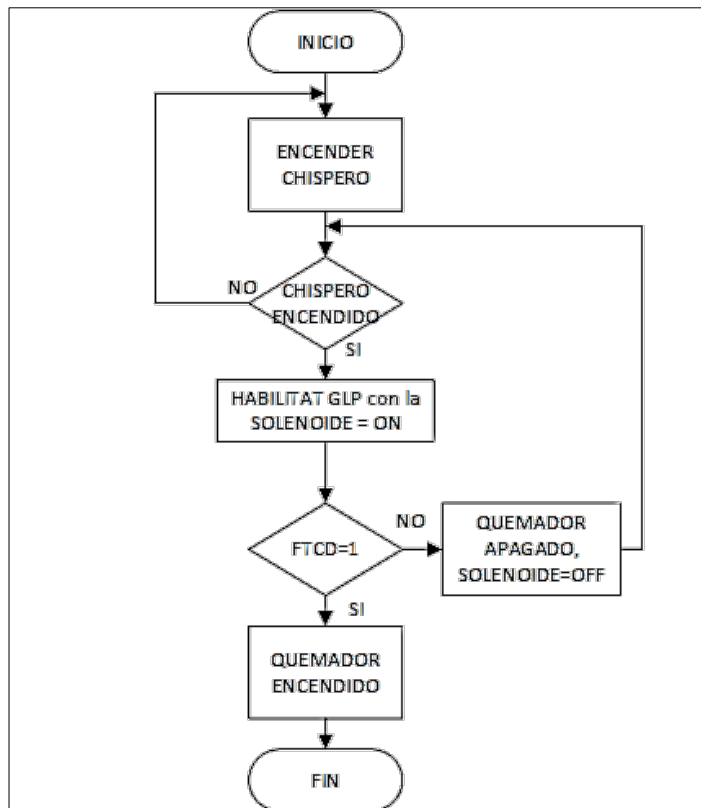


Figura 31-3: Diagrama de flujo de encendido del quemador
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

En el deshidratador se implementó el sistema de control de temperatura con la termocupla el quemador como muestra la **Figura 32-3**



Figura 32-3: Sistema de Control de temperatura con termocupla en el quemador.
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.9.4. *Diseño de la programación de procesos del deshidratador*

Se muestra en la **Figura 32-3**. el diseño del diagrama de flujo donde se describe los procesos y secuencias a programarse en el PLC S71200 y HMI para coordinar todos los elementos y obtener un producto deshidratado.

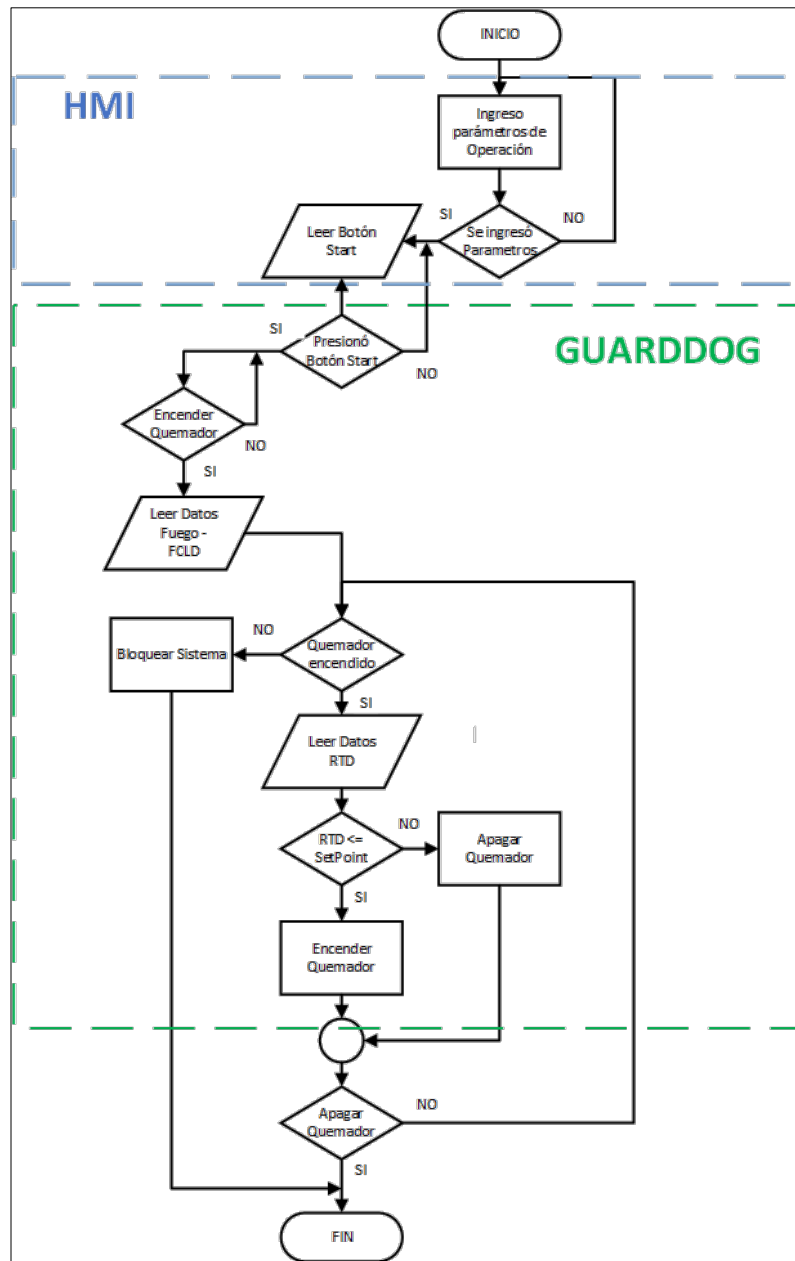


Figura 33-3: Diagrama de flujo del proceso de deshidratación
 Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.9.4.1. Secuencias de programación.

En el Programador PLC s7 se maneja las siguientes secuencias para tener un producto deshidratado.

Primero: El programador espera recopilar la información de tiempo y temperatura enviada por la pantalla HMI que es la encargada de proporcionar esa información inmediatamente que el operador realice la selección de la fruta.

Segundo. - Concluido el ingreso de parámetros se espera leer el accionamiento del pulsador verde de iniciar, ubicado en la interfaz HMI para ejecutar el proceso de secado, que proporcionará los parámetros preconfigurados de temperatura en grados centígrados y su tiempo en minutos por fruta seleccionada. Inmediatamente se inicia el proceso: de encendido del quemador, del intercambiador de calor y del motor para el giro de bandejas. Se realiza el control de temperatura de acuerdo a los datos obtenidos de temperatura y tiempo. El control de temperatura consta de un control ON/OFF; OFF en altas temperaturas y ON en bajas temperaturas, que establece una temperatura constante en una oscilación de $\pm 2^{\circ}\text{C}$, y deteniéndose al cumplirse el tiempo establecido por el tipo de fruta seleccionada.

Tercero. - Concluido el proceso de secado artificial, se procede a poner en estado OFF a todo el sistema. Se recomienda dejar reposar las frutas por un periodo mínimo de 20 minutos, con la finalidad que se enfríe y no llegue a estropearse al extraerlo del deshidratador.

3.9.5. Módulo HMI

Se refiere a la pantalla táctil, que permite al usuario la posibilidad de visualizar en tiempo real las variables como: la temperatura, tiempo del proceso de deshidratación, e ingresar valores y parámetros personalizados para iniciar el proceso de deshidratación mediante su pantalla touch. Al realizar una comunicación directa entre el operador y la máquina. Este módulo tiene dos funciones en HMI: *INPUT* y *OUTPUT*; La Función *INPUT* en la **Figura 34-34** hace el usuario al seleccionar el tipo de fruta u objeto al deshidratar. Función *OUTPUT* en la **Figura 35-3**, se realiza al exponer los datos leídos por el módulo de control al operador como: la humedad, temperatura y el tiempo en su pantalla, y ver el estado de sus compontes conectados en tiempo real.

Modo: INPUT.



Figura 34-3: HMI modo de Ingreso de Datos
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Modo: OUTPUT



Figura 35-2: HMI modo de monitoreo.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.9.6. Implementación de pulsadores en módulo HMI

Para dar inicio al proceso de deshidratado es necesario enviar una señal al PLC, esto se realiza desde un tablero eléctrico de 20 X 30 X 20 cm, donde está ubicado los pulsadores de inicio, paro, emergencia, con una pantalla HMI que monitorea al sistema. Como indica la **Figura 36-3**.



Figura 36-3: Pulsadores de inicio y paro en módulo HMI
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

3.9.7. Programación HDM

La interfaz gráfica de la pantalla HMI es programada en *Tia Portal*, al inducir un programa o conjunto de secuencias donde se establece temperaturas y tiempos para 3 tipos para frutas como: *Manzana, Piña, Frutilla y Otro*, opción que permite al usuario ingresar valores personalizados de temperatura y tiempo de deshidratación. Para ver detalles de temperatura, tiempo y humedad de las frutas véase en la **Tabla 1-2**. Las interfaces programadas son:

Pantalla principal:

Tiene cuatro accionadores: seleccionar la fruta, monitoreo, gráficas, y apagado respectivamente, en la selección de las frutas tiene: las imágenes de las frutas a seleccionar (manzana, piña, frutilla) e imagen de personalización y dos accionadores que indican el inicio del proceso y el de regresar a la pantalla principal. Ver la **Figura 37-3**.



Figura 37-3: Pantalla Principal
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Pantalla de monitoreo

Tiene los visores de temperatura, humedad el tiempo transcurrido, los dispositivos conectados al sistema, con animaciones de encendido y apagado, también tiene un accionador de regreso para ir a la pantalla principal. Véase La **Figura 35-3**.

Pantalla de gráficas:

Se refiere a un visor de dos dimensiones que interpreta el comportamiento de la temperatura, la humedad con relación al tiempo transcurrido. Ver **Figura 38-3**

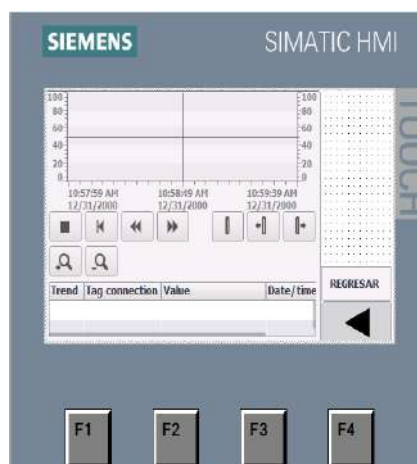


Figura 38-3: Gráficas del sistema
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Derechos de Autor

Es el apartado donde se identifica los autores, la política de patentes, y derechos de autor. Ver la **Figura 40-3**



Figura 39-3: Interfaz derechos de autor.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Accionador de apagado envía el comando de shutdown para apagar todo el sistema.



Figura 40-3: Control Principal del Deshidratador con botoneras y HMI
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

CAPITULO IV

4. ANALISIS Y RESULTADOS.

Una vez concluido con la parte de la construcción mecánica y el control del deshidratador para frutas, en este capítulo se trata de la recopilación, análisis, estudio de resultados, datos obtenidos en los ensayos realizados en el capítulo anterior, datos sucedidos a lo largo del proceso de deshidratación. Para lo anticipado se comprueba el correcto funcionamiento de la parte mecánica, su control eléctrico y electrónico.

4.1. Sistema Mecánico

Se comprobó la implementación del sistema mecánico del deshidratador con lámina de fibra de vidrio en el interior de su recubrimiento metálico, para la conservación del calor, se revisa el correcto giro de las bandejas rotativas, se comprobó que el motor trifásico genera un torque de funcionamiento de trabajo de 5Hz, y la corriente a plena carga de 0,6 A, valores por debajo de la Corriente Nominal de 1,5 A. Después de analizar su parte estructural se comprobó la suelda con electrodos E308L, propios para este tipo de material de acero inoxidable. El motor, el quemador, el Blower, están correctamente asegurados al deshidratador con soportes soldados a su estructura el cual incrementa la seguridad y compactación del equipo, para finalizar se comprobó la existencia de una base con ruedas que facilita su movilización ver la **Figura 1-4**.



Figura 1-4: Mecánica del deshidratador, quemador, motor, bandejas, base con ruedas

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.2. Sistema Eléctrico

Es este apartado es necesario utilizar un multímetro digital para comprobar los voltajes correctos que necesita el deshidratador, se toma las mediciones del voltaje con la escala del voltímetro digital en la toma rápida tipo clavija establecida para el deshidratador, verificándose los valores de línea a línea L-L =227 VCA y la configuración línea neutro L-N= 117 VCA; resultados obtenidos en parámetros normales permitidos para el funcionamiento del deshidratador para frutas.

4.3. Tamaño Muestral

Se define el tamaño de muestras necesarias, para resultados confiables y válidos, se procede a aplicar la formula estadística para hallar el tamaño muestral se estima es este ejemplo una media de poblaciones infinitas.

Ecuación 1-4: Ecuación para tamaño muestral, al estimar una media poblacional infinita

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

Dónde:

n = número de muestras

Z_{α} = es 1.96 para el nivel de confianza del 95%

σ^2 = variación presentada de 2°C

e^2 = error deseado de 1.5°C

$$n = \frac{1.96^2 * 2}{1.5^2}$$

$$n = 3.41$$

Ya calculado el valor de n se determina el número de veces = 3, necesarias para la toma de mediciones en cada experimento realizado, de forma sea posible hallar una media de sus datos para que sean confiables y válidos.

4.4. Recursos y equipos empleados para análisis de datos.

Para medir la tensión, caídas de voltaje consumo eléctrico se utilizó un multímetro digital con pinza amperimétrica, al ser la herramienta muy fácil de configurar y confiable para las mediciones de voltajes, corriente y caídas de tensión. Los equipos de instrumentos de medición de

temperatura son estrictamente elegidos por ser una de las variables más importantes al momento de la deshidratación. Se utilizó tres instrumentos de medición de temperatura como: Biometálico, Pirómetro digital, y el transductor PT100, equipos de instrumentación dedicados para las tareas encomendadas en medición de temperatura.



Figura 2-4: Bimetálico en la prueba de calentamiento de máquina
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.5. Procedimiento de operación de la máquina

Para establecer el procedimiento de operación es necesario conocer el funcionamiento del proceso de deshidratación, como se muestra en la **Figura 3-4**.



Figura 3-4: Funcionamiento del deshidratador
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Se establece el procedimiento de operación en 7 ítems que se describe a continuación:

PRIMERO. - Asegúrese que el equipo se encuentre en un lugar firme, seco y nivelado, para asegurar el correcto funcionamiento en el proceso de giro de bandejas y evitar el desbordamiento o la caída de las frutas.

SEGUNDO. - Conectar el deshidratador a la red eléctrica a una toma de 220V Polarizada (L1, L2, N); a una toma tipo clavija de 50 Amp de cocinas de Inducción. como indica la **Figura 4-4**.



Figura 4-4: Enclufe de 50A de cocinas de inducción

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

TERCERO. – En la **Figura 5-4**, se muestra el Breaker principal del sistema está en OFF de apagado, utilice la llave de su equipo para abrir el tablero y accionar en estado ONN de encendido en el breaker.



Figura 5-4: Disyuntor en estado OFF/ONN

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

CUARTO: -Ingresar las frutas previamente seleccionadas, lavadas, cortadas en rodajas, en las bandejas rotativas del equipo INCORE. Como se indica en la **Figura 6-4**.



Figura 6-4: Frutas a deshidratar
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

QUINTO. - En la Pantalla HMI, seleccione el tipo de fruta a deshidratar, si la fruta no se encuentra en la lista del panel, seleccione la opción OTRO, e ingrese los datos de temperatura y tiempo, inmediatamente presione el pulsador verde para iniciar del proceso de deshidratación. Como indica la **Figura 7-4**.



Figura 7-4: Pantalla de Selección para frutas
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

SEXTO. - Esperar que el proceso finalice, cuando termine el proceso volverá a la pantalla HMI a su página de Inicio.

SÉPTIMO. - Finalizado el proceso de Deshidratado, abra la puerta del deshidratador con cuidado, extraiga la fruta: consuma o almacene según sea el caso. Como se indica en la **Figura 8-7**.



Figura 8-4: Empaquetado para frutas deshidratadas.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.6. Pruebas de funcionamiento

Se realizó la medición de la temperatura del deshidratador en grados Celsius, durante el precalentamiento en un periodo de 15 minutos de actividad. Para lo cual se cuenta con dos instrumentos de medición de temperatura como: el Biometálico y el Pirómetro digital, equipos que proporcionarán datos de temperatura para compararlos con los datos del sensor PT100 leídos desde el PLC y visualizadas en la pantalla HMI. A continuación, se realiza el ensayo de medición de temperatura.

Ensayo: El ensayo fue realizado el 13 de enero del 2020 a las 13h45, con una temperatura ambiente promedio de 17°C

Tabla 1-4: Valores de temperatura por unidad de tiempo

Temperatura	PT100B-	BIMETÁLICO	PIRÓMETRO
1	17,00	17,00	17,30
2	17,60	18,00	18,60
3	20,20	20,00	20,50
4	21,77	21,00	21,30
5	23,30	23,00	23,90
6	25,00	24,00	24,50
7	26,60	26,00	27,10
8	28,20	27,00	27,70
9	29,80	29,00	29,30
10	31,40	31,00	31,90
11	33,00	32,00	33,50
12	34,60	34,00	35,10
13	36,30	35,00	36,70
14	37,90	38,00	38,30
15	39,50	39,80	39,90

Fuente: CUEVA Cristian ,2020
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Se muestra en el **Gráfico 1-4**, el análisis de los equipos y dispositivos utilizados para medir la temperatura, el sensor PT100 se refleja en color azul, el Biometálico en rojo y el pirómetro en verde.

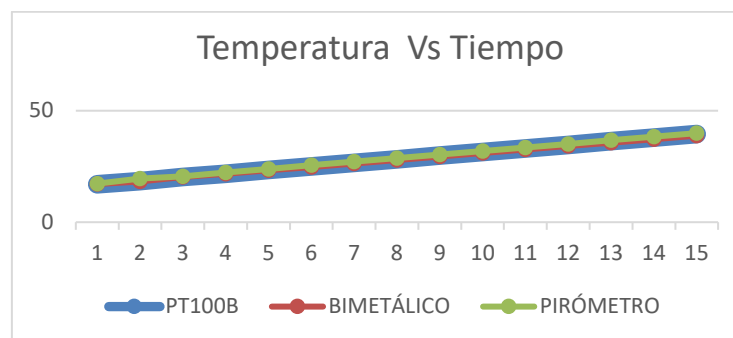


Gráfico 1-4 : Análisis de datos obtenidos de temperatura
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Con el análisis realizado para determinar la calidad de las mediciones de temperatura por el sensor PT100 se determinó que el porcentaje de variación de medición de temperatura es del 0,03 % al compararlos con los equipos de medición Biometálico y pirómetro de radiación. Se concluye que los valores dados por el sensor de temperatura PT100 son correctos y precisos para el proceso de deshidratación requerido.

4.7. Pruebas de deshidratación del equipo INCORE

Al utilizar el método heurístico para la recolección de datos, se procedió a poner en marcha la deshidratación de las frutas, como se indica en el procedimiento de operación de la máquina en el apartado 4.5 de este informe, véase los datos en la **Tabla 2-4** obtenidos en este proceso de secado artificial.

Tabla 2-4: Datos obtenido al deshidratar las frutas a la humedad relativa del 15%

Tabla de datos general para deshidratado para frutas				
Fruta	Humedad absoluta%	Humedad relativa%	Temperatura °C	Tiempo min.
Manzana	84	15	50	240
Piña	82	15	70	270
Uva	80	15	55	240
Frutilla	85	15	65	330

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Se representan en un análisis gráfico los datos de la **Tabla 2-4**.

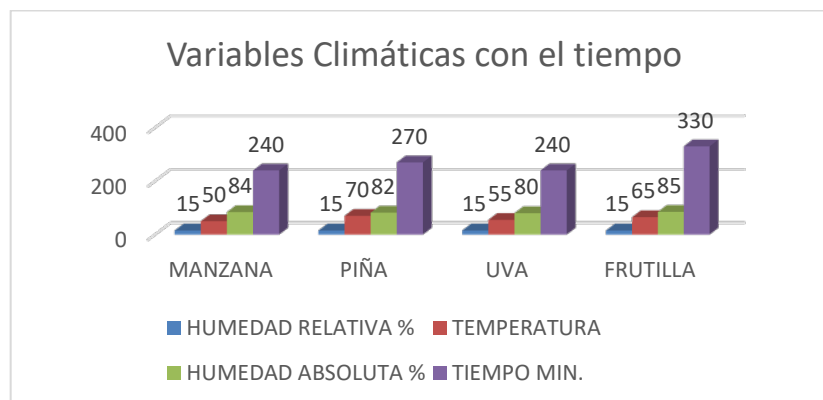


Gráfico 2-4: Comportamiento de las variables climáticas por frutas

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.8. Recopilación de datos del proceso de deshidratación

Se muestra el comportamiento de la humedad hasta reducirse al 15% con respecto al tiempo sin sobrepasar las temperaturas límites de conservación nutricional como muestra la **Tabla 2-4**, por periodos de tiempo de 30 minutos, según corresponda cada toma de mediciones, con motivo de estudio se realizó la recolección, análisis de datos de la manzana deshidratada

Ensayo: Se elige la manzana con una humedad absoluta del 84% y el peso total a deshidratar 10Kg.

Tabla 3-4: Humedad relativa con respecto a la temperatura en ciclos de tiempo

MANZANA		
HUMEDAD RELATIVA %	TEMPERATURA °C	Step-Ciclos
84	30	60 MIN
50	40	60 MIN
25	50	60 MIN
15	50	60 MIN

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Al culminar el proceso de deshidratado y periodo de reposo a temperatura ambiente de la fruta, se obtiene un producto deshidratado con un peso de 3 Kg, listo para el consumo o manufactura.

4.9. Análisis de resultados obtenidos en la deshidratación

Para este análisis se elige otro deshidratador del autor ALZATE que realice la deshidratación de la MANZANA, pues es importante crear los ambientes similares para realizar un análisis y compararla con la del autor INCORE. En la **Tabla 1-3** se muestra los datos de tiempo y temperatura de deshidratación del autor ALZATE.

Análisis: Deshidratación: Manzana

Tabla 4-4: Análisis deshidratación Manzana

Fruta	Humedad	Humedad relativa	Temperatura	Tiempo
Manzana INCORE	84	15	50	240
Manzana ALZATE	84	15	50	300

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.10. Representación Gráfica de los ensayos.

Se muestra la deshidratación del equipo INCORE en el ensayo realizado de la Manzana, datos obtenidos de las **Tablas 5-4**; la línea celeste refleja el comportamiento descendente de la humedad respecto al tiempo transcurrido ascendentemente, en la línea color verde. Aplica para el **Gráficos 3-4**.

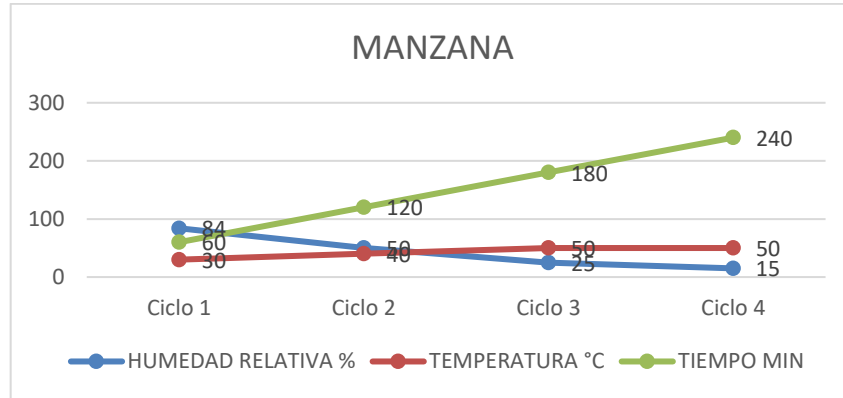


Gráfico 3-4 : Curva característica de deshidratación de la Manzana
Fuente: CUEVA Cristian ,2020
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.11. Representación Gráfica del análisis de deshidratación en: ALZATE e INCORE.

En los **Gráficos 4-4**; se muestra el comportamiento de la humedad al transcurrir el tiempo de deshidratación a una temperatura promedio de 50°C; la curva color **rojo** corresponde al autor ALZATE y la curva de color **azul** muestra el deshidratador INCORE, como se indicó en las **Tablas: 4-4**, en el proceso de deshidratación de la Manzana.

Curvas de deshidratación Manzana con respecto al tiempo.

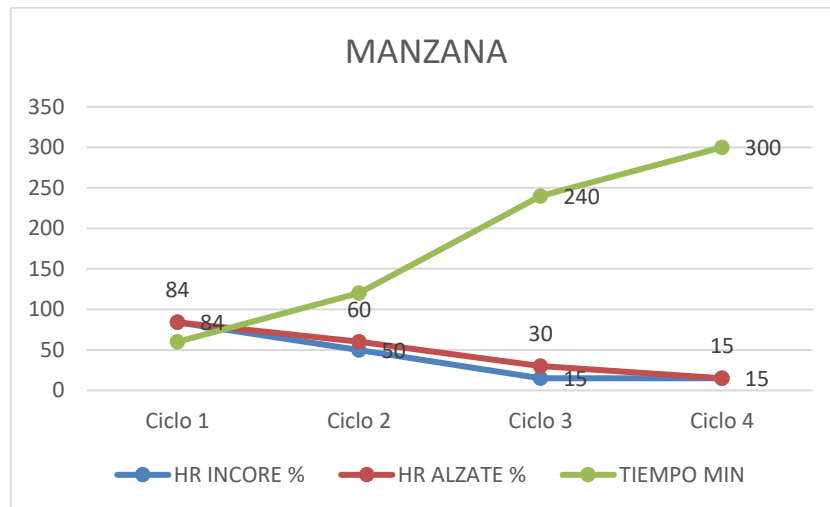


Gráfico 4-4 : Manzana con respecto al tiempo.
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.12. Representación Gráfica del análisis entre deshidratadores

El **Gráfico 5-4**, muestra la deshidratación del equipo ALZATE en la Manzana, donde la curva de color lila muestra la línea de tiempo que necesita para el proceso de deshidratado, reflejándose los tiempos superiores a 300min. Mientras que la deshidratación del equipo INCORE, se refleja en la curva de color lila la línea de tiempo inferior a 240min en la fruta manzana.

4.12.1. Deshidratado de la fruta: manzana

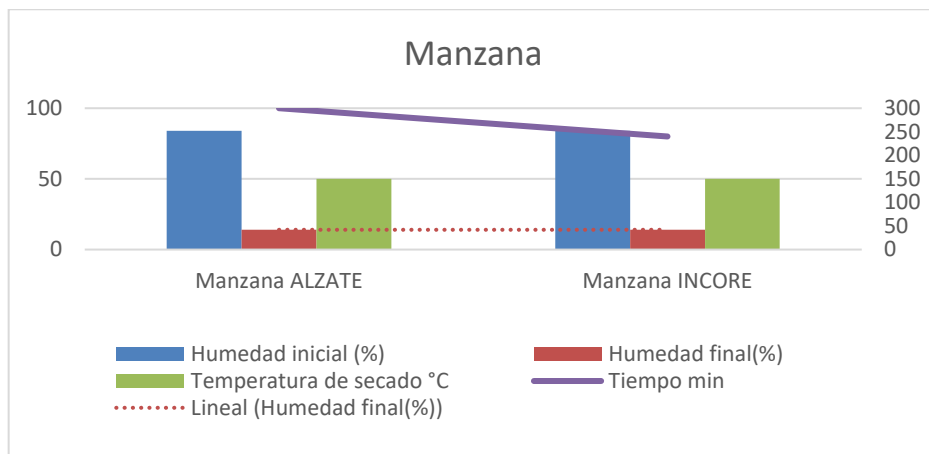


Gráfico 5-4: Relación de variables respecto al tiempo.

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

4.13. Resultados obtenidos del estudio comparativos de deshidratadores

En el **Gráfico 6-4**, se visualiza la eficiencia del deshidratador INCORE en función del tiempo, al tomar como variables de partida la humedad absoluta, y el tipo de fruta en el proceso, al resultar un producto deshidratado, en un menor tiempo, las barras verticales más altas indican el tiempo necesario para tener un producto deshidratado, donde los picos altos corresponden a los datos del autor ALZATE, y los dos más bajos a el equipo INCORE

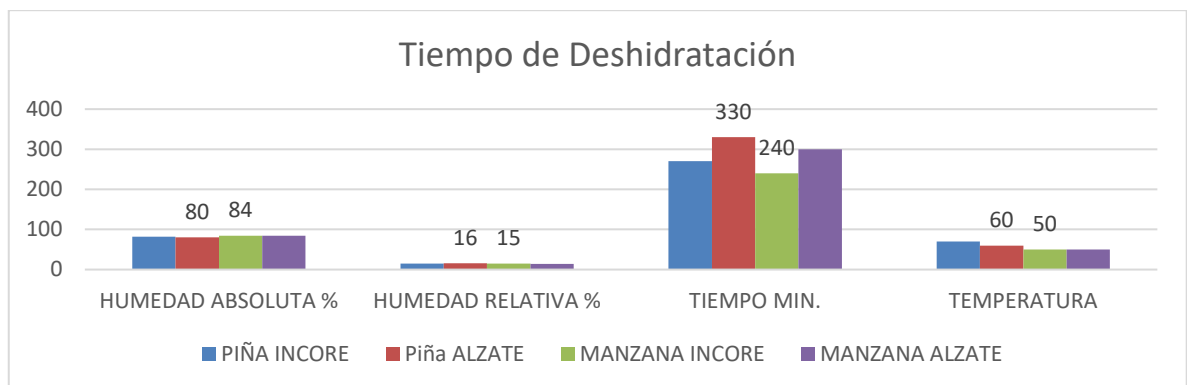


Gráfico 6-4 : Análisis comparativo de deshidratadores

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Los resultados del gráfico indica que el deshidratador INCORE, ha mejorado los tiempos de secado considerablemente a compararlos con el estudio de deshidratadores ALZATE, con la humedad relativa al 15 %.

4.14. Cuadro comparativo de elección del deshidratador

A continuación, se exhibe dos deshidratadores para frutas industriales, además se considera en la **Tabla 5-4**, las más notables características de cada deshidratador. Al considerar que ambos secadores tienen sistema de control industrial, el mismo secado por aire caliente, el mismo tipo de combustible, etc. y poseen la carga máxima para frutas de 10kg.

Tabla 5-4: Cuadro comparativo para elegir un deshidratador

DESHIDRATADOR	CARACTERÍSTICAS				DISEÑO		TESTEO				PANTALLA	BANDEJAS		SISTEMA DE FLUIDO DE VAPOR	
	TEMP		TIEMP		UNICO	REP	PESO	TEMP	HUMEDAD	TIEMPO	HMI	FIJAS	ROTATIVAS	MEJORADO	NORMAL
	PROG.	PERS	PROG.	PERS											
INCORE	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO
ALZATE	NO	SI	NO	SI	NO	SI	SI	SI	NO	SI	NO	SI	NO	NO	SI

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

Decisión: En este apartado se determinó la mejor opción de deshidratador para frutas; el deshidratador INCORE, debido que tiene las mejores prestaciones en confiabilidad, seguridad, y lo que es mejor eficiencia en tiempos de producción, además contiene equipos PLC, HMI respaldados por la marca siemens que líder fabricación de dispositivos para procesos e implementaciones tipo Industrial.

4.15. Análisis presupuestario del deshidratador

En la **Tabla 6-4** se detalla los materiales y costos más relevantes a la fecha del 2019/03/10,

Tabla 6-4: Cuadro de costos del deshidratador

CANT	DESCRIPCION	Precio Unitario	Precio TOTAL
CONTROL LOGICO PROGRAMABLE			
1	Controlador Programable plc S7 1200	\$ 650,00	\$ 650,00
INTERFAZ DE VISUALIZACION 7"			
1	Pantalla HMI	\$ 578,00	\$ 578,00
BANDEJAS ROTATIVAS			
1	Variador de Frecuencia	\$ 425,00	\$ 425,00
1	Motor eléctrico	\$ 378,00	\$ 378,00
ALIMENTACION			
1	fuelle de 24VDC	\$ 60,00	\$ 60,00
SENSORES			
1	sensor RTD pt100	\$ 59,00	\$ 59,00
1	Sensor de humedad bywer	\$ 198,63	\$ 198,63
MATERIAL DE FABRICACION			
1,5	Planchas de acero inoxidable	\$ 78,56	\$ 117,84
1	Electrodos e308l	\$ 60,02	\$ 60,02
1	vidrio 40x40 6mm	\$ 46,03	\$ 46,03
1	base con ruedas	\$ 62,36	\$ 62,36
1	Fibra de vidrio	\$ 59,14	\$ 59,14
1	Material hermético para acero.	\$ 12,80	\$ 12,80
GABINETES			
1	gabinete de 60x60x40	\$ 95,00	\$ 95,00
1	Gabinete de 20x30x20	\$ 25,00	\$ 25,00
QUEMADOR			
1	Chispero de 4pps	\$ 38,98	\$ 38,98
2	Blower de 1/4 Hp Century	\$ 22,00	\$ 44,00
1	clicher kit	\$ 38,98	\$ 38,98
1	Difusor	\$ 8,30	\$ 8,30
OTROS MATERIALES			
1	canaletas ranuradas	\$ 12,30	\$ 12,30
1	terminales tipo banana	\$ 15,00	\$ 15,00
1	Contactores	\$ 20,00	\$ 20,00
1	Breakers regulable y normal	\$ 86,00	\$ 86,00
1	Conductores eléctricos, cables para conex	\$ 18,00	\$ 18,00
1	Cables de comunicación ethernet	\$ 2,00	\$ 2,00
4	Rele's	\$ 12,00	\$ 48,00
30	Terminales de conexiones	\$ 0,25	\$ 7,50
2	Luces o led indicadores	\$ 2,00	\$ 4,00
2	Botón o pulsadores	\$ 2,00	\$ 4,00
10	borneras para riel dim #8-10	\$ 2,03	\$ 20,30
TOTAL			\$ 3.194,18

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

De acuerdo con los valores de la **Tabla 6-4**, de costo total de la implementación del deshidratador automatizado de frutas con el control de las variables climáticas tiene un costo total de **3194,18** dólares americanos. Al realizar un análisis de costos de deshidratadores similares en el mercado, se concluye, que el deshidratador INCORE es un 73,45% más económico en su costo.

CONCLUSIONES

A partir de la implementación y la evaluación realizada al deshidratador para frutas se ha concluido lo siguiente:

- La deshidratación es un proceso de extracción del agua de las frutas, mediante el calor artificial, con este proceso de secado se logra controlar: las variables climáticas y la salubridad de las frutas ya que mantiene un control de higiene en las bandejas rotativas, las mismas que hacen posible la mejor distribución del calor al girar sus bandejas, además, ayuda a reducir el tiempo de deshidratado. El proceso de deshidratación de las frutas requiere de tiempo y temperatura adecuada para cada tipo de frutas expuestas en la **Tabla 1-3**; por citar: la manzana tiene una humedad absoluta $H_i = 84 \%$, para el proceso de deshidratado, la fruta necesita una temperatura de 50°C por un periodo de tiempo de 240 min, con este proceso se obtiene una fruta deshidratada con un porcentaje de humedad relativa $H_f = 15\%$ y su peso reducido hasta el 70% en promedio.
- El deshidratador para frutas tiene un diseño en *hardware* tipo horno, debido a su simplicidad por ser de forma paralelepípedo rectangular y principio de funcionamiento por tener dos recintos, en su parte inferior está la generación de calor y en la parte superior las bandejas perforadas giratorias que aumenta la superficie del sólido expuesta a la acción del aire para disminuir los tiempos de secado. El *software* Tia Portal distribuido por la marca siemens, se utilizó para el diseño y programación del deshidratador automatizado para frutas, al ofrecer una simulación online del proceso que facilita la resolución de problemas, con la facilidad de programación de la pantalla y el controlador en un solo aplicativo necesarios para realizar un sistema automatizado para frutas que controle las variables climáticas con las bandejas rotativas.
- Se determinó los materiales para la implementación del control: en el *hardware* se tiene dos gabinetes metálicos: *primero* de 600x600x200mm para el sistema de control; donde reside el PLC siemens s7-1200 programador modular, el variador de frecuencia G110 de siemens para el giro de la bandejas, sensores PT100, y demás materiales para la deshidratación automatizado para frutas y el *segundo* de 300x200x200mm donde se implementó la interfaz HMI kpt400 que es una pantalla táctil, con conexión ethernet hacia el PLC, envía y recibe datos en tiempo real del proceso a la pantalla HMI con las botoneras, que dan el control total del deshidratador al operador y ejecutar el proceso de deshidratado cuando lo necesite.

- Se determinó el intercambiador de calor para el deshidratador: que induce el fuego en una cámara prediseñada, transforma la energía producida por el quemador GLP en energía calorífera, la temperatura generada es directamente proporcional al fuego producido por el quemador, el cuál es controlado por la electroválvula de GLP, que habilita o deshabilita el paso de fluido de gas al deshidratador.
- Se seleccionó el acero inoxidable como material de fabricación del deshidratador por ser austenítico, el cual es resistente a la corrosión, característica necesaria para el deshidratador para frutas. El cristal es de 6mm tipo vidrio templado traslúcido para soportar altas temperaturas, lo que permite el control y monitoreo visual al operador del proceso de deshidratado en tiempo real.
- Con el software del fabricante: TiaPortal v15, se realizó la programación del deshidratador, al declarar sus variables y configurar sus dispositivos conectados como: PLC S7 1200 con CPU 1212c AC/DC; y la pantalla HMI Kp400; aquella que permite la selección del tipo de fruta. Se realiza en control de las variables climáticas con un control ON/OFF comandado desde el PLC hacia el quemador a partir de los datos leídos del sensor PT100. También, se configuró los parámetros de la receta del tipo de fruta como la manzana, fresa y piña que al seleccionar por medio de la pantalla HMI, se ejecuta los tiempos y temperatura necesaria para tener una fruta deshidratada. En la interfaz HMI se diseñó las pantallas: *pantalla principal*; *selección de la fruta*; donde se encuentra las opciones para frutas a deshidratar y la opción de personalización para otro tipo de frutas; *monitoreo de dispositivos* conectados al sistema como el motor, electroválvula, sensores, Blower; *gráficas* de temperatura, humedad en el tiempo transcurrido.
- En el ensayo de deshidratación se utilizó 10 Kg de manzana fresca al 84 % de humedad absoluta, donde se verificó la eficiencia del deshidratador INCORE, al comparar con el autor ALZATE, se concluye que: se tiene un ahorro de tiempo de 60 min en el proceso de deshidratación de un total de 300 min, como lo demuestra la **Tabla 4-4**, al concluir el proceso de deshidratación se obtuvo un peso de la fruta de 3 kg, al transcurrir 240 minutos, además, es más eficiente en un promedio del 25 % con respecto al tiempo en el proceso de deshidratado de las frutas, por su diseño, sistema de calor y giro de sus bandejas.

RECOMENDACIONES:

- Consultar el manual de operación y funcionamiento del deshidratador, para comprender el funcionamiento de cada pantalla de HMI y función de cada botón y pulsador
- En la programación del HMI, PLC, se recomienda utilizar un equipo de red capa 3 (router) que permita la conexión de la interfaz LAN mediante un servidor DHCP.
- Tener en cuenta la capacidad que soporta cada bandeja, para prevenir desbordamiento para frutas en las bandejas.
- Limpiar las frutas antes de colocarlas en el deshidratador, que estén libres de impurezas, establecer rangos de operación adecuados, ya que si la temperatura no es la indicada podría destruir el producto.
- Verificar que la máquina esté conectada a 220V y Neutro, ya que la máquina no encenderá si los voltajes son incorrectos.
- Verificar que el paro de emergencia no esté pulsado sino la máquina no realizará la operación de secado.
- La puerta del deshidratador debe estar cerrada y no abrirla en su operación para evitar pérdidas de temperatura.
- Evitar mojar el tablero eléctrico porque podría ocasionar daños irreparables en el sistema al momento de accionar los comandos de control de la máquina.

GLOSARIO

- **Parámetros.** - Especificaciones que son expuestas para realizar un trabajo o construcción o realización de un proyecto.
- **Transmisión.** - Conjunto de mecanismos que comunican el movimiento de un componente a otro, que altera gradualmente su velocidad.
- **Desecación.** - Extracción o eliminación de la humedad de un terreno o cuerpo.
- **Esprea.** - Llave que deja salir el combustible en el motor del automóvil.
- **Chicler.** - Voz tomada del francés (gicleur), con la que se designa impropriamente el surtidor del carburador.
- **Convección.** - Calor transmitido en un objeto como consecuencia del movimiento real de las partículas calentadas en su seno; Es una de las tres formas de transferencia de calor (conducción, convección y radiación)
- **Heurístico.** - Es un método basado en la experiencia que puede utilizarse como ayuda para resolver problemas.
- **Vitaminas B.**- Nutrientes que el cuerpo necesita para cumplir funciones esenciales para mantener un metabolismo normal, produciendo glóbulos sanguíneos sanos. Fortalece el sistema nervioso.
- **Vitamina C.**- conocida como ácido ascórbico, es un nutriente hidrosoluble que se encuentra en las frutas cítricas: mandarina, naranja, toronja y también en fresas, melón, papaya, tomate, etc.

BIBLIOGRAFÍA

AG ELECTRÓNICA, A. *Oem Arduino Mega. Arduino* [en línea]. 2017. pp. 15. Consulta: [20 abril 2020]. Disponible en: <https://www.arduino.cc/en/Main/Software>.

ANASTASIOS, A. *Atmospheric Thermodynamics* [en línea]. 2015, p. 230. Consulta: [20 febrero 2020]. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/245180/245180.pdf><https://hdl.handle.net/20.500.12380/245180><http://dx.doi.org/10.1016/j.jsames.2011.03.003><https://doi.org/10.1016/j.gr.2017.08.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.precamres.2014.12>.

BAINET.2020, p4. [en línea]. Consulta: [07 febrero 2020]. Disponible en: <https://www.hogarmania.com/salud/bienestar/dieta-sana/saludable-fruta-deshidratada-beneficios-41813.html>.

CARBONE STAINLESS STEEL. *Ficha Técnica del Acero Inoxidable.* [en línea]. 20.16, pp. 1-6. Consulta: [07 marzo 2020]. Disponible en: <https://www.empresascarbhone.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>.

DANERI, P. *PLC AUTOMATIZACION Y CONTROL INDUSTRIAL* [en línea]. Buenos Aires. 2016, p. 35-43. Consulta: [07 marzo 2020]. ISBN 9788578110796. Disponible en: www.hasa.com.ar.

DE MICHELIS, A. & OHACO, E. *Definiciones y algunos conceptos básicos. En: introduccion de la deshidratacion, DESHIDRATAACION Y DESECADO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y HONGOS. Procedimientos hogareños y comerciales de pequeña escala* [en línea]. 2015, pp. 4-5. Consulta: [07 febrero 2020]. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_cartilla_secado.pdf.

FUNDACIÓN CELESTINA PÉREZ DE ALMADA, UNESCO. *Guía de uso de secaderos solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carnes. Persepsi Masyarakat Terhadap Perawatan Ortodontik Yang Dilakukan Oleh Pihak Non Profesional* [en línea]. 2013, pp. 42. Consulta: [07 febrero 2020]. ISBN 9788578110796. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156206s.pdf>.

GONZÁLEZ, L.; et al. *Raspberry PI 3 y pcDUINO Raspberry PI 3* [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 9789588957746. Disponible en: <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/4450/LRPPD1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

INGENIERÍA DE SISTEMA AUTÓMATAS. *Dispositivos y Sistemas de Control. Sistemas de Control* [en línea]. 2013, pp. 1-27. Consulta: [01 mayo 2020]. Disponible en: http://isa.uniovi.es/docencia/ra_marina/tema8.pdf.

KUO, B. *Sistemas de Control Automático.* 1996. Consulta: [01 mayo 2020]. ISBN 968-880-723-0.

MASTERPLC. *SIEMENS con Pantalla HMI vía Ethernet.* [en línea]. 2020 [Consulta: 10 febrero 2021]. Disponible en: <https://masterplc.com/siemens/logo-8-con-pantalla-hmi-via-ethernet/>.

KALPAKJIAN, S. *Manufactura, ingeniería y tecnología* [en línea]. 5ª Ed. 2019, p.1176. Consulta: [01 febrero 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=gilYI9_KKAoC&oi=fnd&pg=PR19&dq=manufactura+de+productos&ots=mp9OAVpyJz&sig=JK2K_5yv6RqhElu7xtp5gDntKlg&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.

MAUPOEY, P; et al. *Introducción Al Secado De Alimentos Por Aire Caliente. Introducción Al Secado De Alimentos Por Aire Caliente* [en línea]. 2016, pp. 386-412. Consulta: [20 marzo 2020].

Disponible en:

https://gdocu.upv.es/alfresco/service/api/node/content/workspace/SpacesStore/e8b523c5-4970-4ae6-b2a3-86f576e81359/TOC_4092_02_01.pdf?guest=true.

MOROCHO, K. *Deshidratación al Vacío* [en línea]. 2015, p. 27-89. Consulta: [20 marzo 2020].

Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/11396/T-ESPE-048679.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

MUJUMDAR, A. & OSMAN, P. *Handbook of Industrial Drying Chapter 35* [en línea]. 2006.

Consulta: [20 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.cementtechnology.ir/Library/Chem.3.pdf>.

ORREGO, CARLOS. *Procesamiento De Alimentos*. pp. 187-230. Consulta: [15 febrero 2020]

ISBN 9589322808.

SAGARPA, S. *Manual De Deshidratación*. [en línea], Vol. 3. 2003, pp. 35-57. Consulta: [15

marzo 2020]. Disponible en: [http://www.canunite.org/wp-](http://www.canunite.org/wp-content/uploads/2015/09/3_ModuleFoodSecurity.pdf)

[content/uploads/2015/09/3_ModuleFoodSecurity.pdf](http://www.canunite.org/wp-content/uploads/2015/09/3_ModuleFoodSecurity.pdf).

SIEMENS. *Basic Panels*. [en línea]. 2012, pp. 1-164. Consulta: [15 junio 2020]. Disponible en:

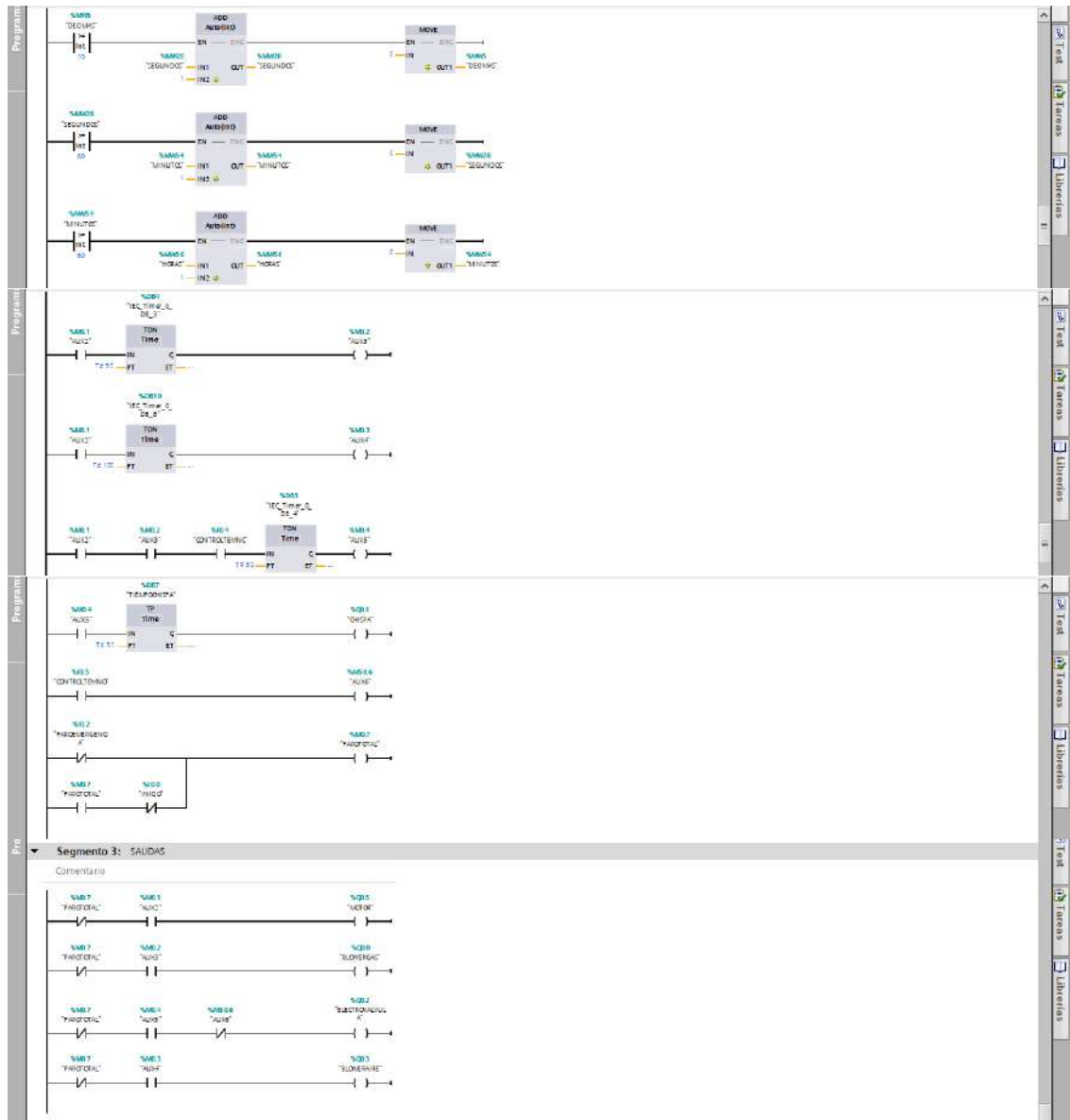
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/678/31032678/att_25341/v1/hmi_basic_panels_operating_instructions_es-ES_es-ES.pdf.

SIEMENS. *Programmable Controller. Siemens.* [en línea]. 2012, pp. 14. Consulta: [15 junio 2020]. Disponible en: <https://www.sahkonumerot.fi/2702074/doc/technicalinfodoc/>.

SIEMENS. *Controlador programable S7-1200 Manual de sistema.* [en línea]. 2016, pp. 1682. Consulta: [15 marzo 2020]. Disponible en: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/109741593/simatic-s7-s7-1200-programmable-controller?dti=0&dl=en&lc=es-WW>.

SIEMENS. *Características Y Montaje Del Simulador S7-1200* [en línea]. 2020, pp. 796. Consulta: [15 junio 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/attachments/36008519/download_file?st=MTYwNjg2MDkzNSwxOTAuMTUyLjE2My4xMzI%3D&s=swp-splash-paper-cover.

UNESCO. [en línea]. 2015, p. 37. Consulta: [18 febrero 2020]. <http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001562/156206s.pdf>.



Anexo 0-1: Programa realizado en TiaPortal V15 del Deshidratador

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

ANEXO B: DATASHEET DE SENSOR DE HUMEDAD RELATIVA TIPO DWYER RHP-2M1



SERIES RHP | HUMIDITY/TEMPERATURE TRANSMITTER

FEATURES/BENEFITS

- 2%, 3%, or 5% accuracy models to meet project requirements
- Integral temperature sensors reduces number of devices to install
- Radiation shield option protects sensor from radiant heating effects allowing for accurate readings even when mounted in direct sunlight

APPLICATIONS

- Air economizers
- Outdoor temperature and relative humidity reference for building systems

DESCRIPTION

The SERIES RHP Temperature and Humidity Transmitter combine the voltage or current humidity transmitter output with a passive temperature thermistor or RTD output. The polymer capacitance humidity sensor reduces long-term effect of condensation, fog, or high humidity. The humidity sensors are available with 2%, 3% or 5% accuracies. Duct mounted transmitters are available with an optional two-line alpha numeric LCD display.



SPECIFICATIONS

Relative Humidity Range	0 to 100% RH
Temperature Range	-40 to 140°F (-40 to 60°C)
Accuracy, RH	RHP-2XXX ±2% 10-60% RH @ 25°C; RHP-3XXX ±3% 20-80% RH @ 25°C; RHP-5XXX ±5% 20-80% RH @ 25°C
Accuracy, Thermistor Temp Sensor	±0.2°C @ 25°C (±0.36°F @ 77°F)
Accuracy, RTD Temp Sensor	DIN Class B: ±0.3°C @ 0°C (±0.54°F @ 32°F)
Accuracy, Solid State Band Gap	±0.9°F @ 77°F (±0.3°C @ 25°C)
Hysteresis	±1%
Repeatability	±0.1% typical
Temperature Limits	-40 to 140°F (-40 to 60°C)
Storage Temperature	-40 to 176°F (-40 to 80°C)
Compensated Temperature Range	-4 to 140°F (-20 to 60°C)
4 to 20 mA Loop Powered Models	Power requirements: 10 to 35 VDC; Output signal: 4 to 20 mA
0-5/10V Output Models	Power requirements: 15 to 35 VDC or 15 to 26 VAC; Output signal: 0 to 10 V @ 5 mA max
Response Time	15 seconds
Electrical Connections	Removable screw terminal block
Conduit Connection	Duct mount: 1/2" NPS; OSA: PG11 or PG16 (1/2" conduit) knockouts
Drift	< 1% RH/year
RH Sensor	Capacitance polymer
Temperature Sensor	Types 1, 2, 3: Solid state band gap; Curves A, B, C: Thermistor; Curves D, E: Platinum RTD DIN 385
Enclosure	Duct mount: PBT; OSA: Polycarbonate
Enclosure Rating	Duct mount: NEMA 4X (IP66) for housing only; OSA: NEMA 4X (IP66)
Display	Duct mount only, optional 2-line alpha numeric, 8 characters/line
Display Resolution	RH: 0.1%; 0.1°F (0.1°C)
Weight	Duct mount: 616 lb (3 kg); OSA: 1 lb (.45 kg)
Agency Approvals	CE



dwyer-inst.com

DWYER INSTRUMENTS, INC.
T: 219-879-8000 | F: 219-872-9057 | info@dwyerinst.com
800-872-9141

Anexo 0-2: Especificaciones del sensor tipo DWYER RHP-2M1

Fuente: CUEVA Cristian, 2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

ANEXO C: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA SENSOR DE HUMEDAD DWYER RHP-2M11.

Tabla 0-1: Especificaciones Técnicas para el sensor de Humedad RHP

Rango de humedad relativa:	0 a 100% HR.
Rango de temperatura:	-40 a 140 °F (-40 a 60 °C).
Precisión de humedad relativa:	RHP-2XXX $\pm 2\%$ 10 a 90 % de humedad relativa a 25 °C;
Precisión, Sensor de temperatura del	$\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 25 °C ($\pm 0.36\text{ }^{\circ}\text{F}$ a 77 °F).
Precisión, sensor de temperatura RTD:	DIN clase B; $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ a 0 °C ($\pm 0,54\text{ }^{\circ}\text{F}$ a 32 °F).
Histéresis:	$\pm 1\%$.
Repetibilidad:	$\pm 0,1\%$ típico.
Modelos de 4-20 mA alimentados por bucle:	4-20 mA Loop modelos motorizados 10-35 VDC. Modelos de salida 0-5/10V: 15 a 35 VDC
Modelos de salida 0-5 / 10 V	4-20 mA Loop Modelos motores: 4-20 mA; 0-5/10 Modelos V de salida: 0-10 V @ 5 mA máx.
Márgenes de salida de sensor de	Seleccionable con interruptor, -28.9 a 60 °C (-20 a 140
Tiempo de respuesta:	15 segundos.

Fuente: <http://www.dwyer-inst.com/> (dwyer, 2003)

INSTALACIÓN

ADVERTENCIA Desconectar la fuente de alimentación antes de la instalación para evitar descargas eléctricas y daños al equipo.
Asegúrese de que todas las conexiones estén de acuerdo con el diagrama de cableado de trabajo y de acuerdo con los códigos eléctricos locales y estatales. Utilice únicamente conductores de cobre.

PRECAUCIÓN Use las precauciones de descarga electrostática (por ejemplo, el uso de correa de muñeca) durante la instalación y el cableado para evitar los daños al equipo.

Ubicaciones: Evite áreas donde sobreviene o se anticipa la humedad excesiva o humedad condensada. Evite áreas con humedad excesiva (NEMA Tipo 4E (IP65) configuración recomendada para uso al aire libre) propiamente para proporcionar un grado de protección contra el polvo atmosférico por el viento. Evite y margine agua estancada.

No exceder la capacidad de este dispositivo; dicho exceso no solamente no garantiza un funcionamiento adecuado, sino que puede dañar el dispositivo.

montaje en superficie

El transmisor debe ser montado lejos de ventiladores, extractores, calefacción y refrigeración, hornos, y otros equipos que afectarán la medición de la humedad relativa. También debe ser montado en un lugar que reciba flujo de aire adecuado para la operación apropiada. El transmisor debe ser montado de tal manera que los puntos de conexión de conducto hacia abajo para evitar la entrada de humedad.

1. Preparar un agujero 1" diámetro en el conducto en el lugar deseado.
2. Insertar la tapa del transmisor a través del agujero de tal manera que la tapa de montaje esté ras con el conducto.
3. Usar tres 0.9 x 1.7 tornillos de tala de la cabeza de metal de la tapa para sujetar la teca de montaje para el conducto. Hacerlo en diagonal.
4. Retirar la teca del transmisor y sujetar a los terminales de acuerdo al cableado.

OSA (aire exterior)

El transmisor se debe montar debajo de un alero, acuedo, o en un área que está fuera de los elementos o luz solar directa. El transmisor debe ser montado con el sensor apuntando hacia abajo para evitar la recogida de agua en la cavidad del sensor.

1. Retirar los tapones de la cubierta de la teca de la unidad y la cubierta superior.
2. Posición del transmisor donde se va a montar y marcar los agujeros de montaje en cada esquina de la cubierta.
3. Marcar o trazar lugar de marcados.
4. Colocar la teca del transmisor sobre los orificios de montaje en el pared o piso. Instalar el montaje de la pared terminal (no incluido) en los agujeros de montaje.
5. Continuar con el cableado de acuerdo con la Figura 1.
6. Vuelva a colocar los tapones teca y en la cara de la unidad.

ALAMBADO

Use máximo de 10 AWG para terminales cableado. Referencias a la Figura 1 o la Figura 2 para información de cableado. Use etiquetas de identificación apropiadas para facilitar el cableado.

4 a 20 mA Modelos de salida con termistor, RTD o No Sensor de temperatura

4 a 20 unidades de salida mA pueden ser alimentadas con un 10 a 35 VDC. (Alimente como se muestra en la Figura 1).

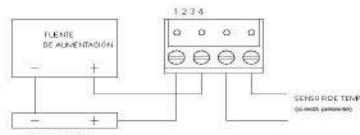


Figura 1

Dual 4 a 20 mA de HR/ temperatura Modelos de salida

Dual 4 a 20 unidades de salida mA pueden ser alimentadas con un 10 a 35 VDC. A continuación se describe el cableado adecuado de estos transmisores. El transmisor RHP modelo con dual de 4 a 20 mA de salida está diseñado como una de los hilos de 4 a 20 mA dispositivo con dos canales. Los canales son comunes en el lado positivo del bucle de corriente. La potencia de indicación del sensor se deriva de la canal RH, por lo que el poder siempre se debe aplicar al ese canal. Si no se utiliza el canal de temperatura, se puede dejar desconectado. Atención como se muestra en la Figura 2.

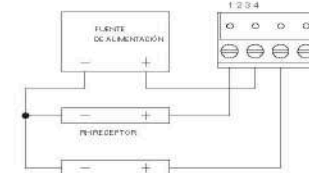


Figura 2

Nota: Si no se requiere la salida de RH, conectar el terminal "1" de la fuente de alimentación al terminal 1.

0 a 5 V y de 0 a 10 Modelos V de salida con termistor, RTD, o No Sensor de temperatura

El 0 a 5 V y de 0 a 10 unidades de salida V pueden ser alimentadas con 15 a 35 VDC o de 1 a 34 VAC. Tenga en cuenta la polaridad cuando conecte el sensor de 0-5. La carga máxima es de 5 mA. Alimente como se muestra en la Figura 3.

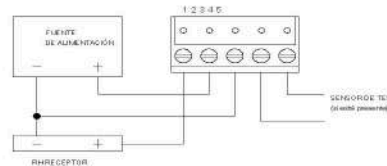
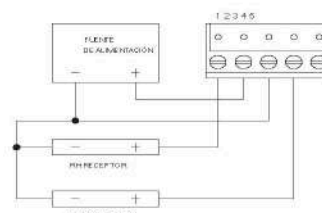


Figura 3

Dual 0 a 5 V y 0 a 10 V RH/ temperatura Modelos de salida

Dual 0 a 5 V y 0 a 10 unidades de salida V pueden ser alimentadas con 15 a 35 VDC o de 15 a 34 VAC. Tenga en cuenta la polaridad cuando se utilice el terminal de 0-5. Los canales son comunes en el lado negativo. Si se desea, el RH o, salida de temperatura se pueden usar por sí mismo. Alimente como se muestra en la Figura 4.




Anexo 0-3: Conexiones sensor tipo DWYER RHP-2M1 para PLC

Fuente: CUEVA Cristian, 2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

ANEXO D: SENSOR DE TEMPERATURA – DATOS TECNICOS.



PIXSYS
electronics

www.pixsys.net +39 041 5190518 R.A.

CODE : **2000.90.494**

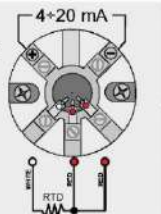
PT100B-6x200-MGO-1/2" F-DIN/B-TR420

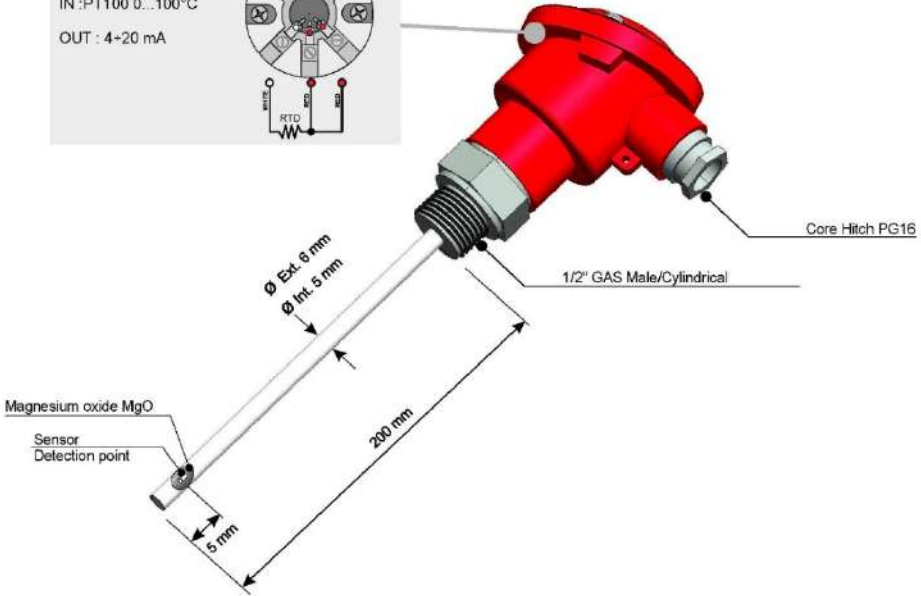
DESCRIPTION :
PT100B sensor 6x200 mm, with converter 4...20mA,
Cabling: 0...100°C > 4...20mA
Process connection 1/2" Male GAS, cylindrical/head DIN/B.

CONVERSION MODULE

IN : PT100 0...100°C

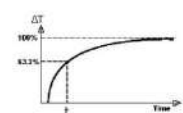
OUT : 4+20 mA





OPERATING TEMPERATURE :	-100°C + 500°C
HEAD MATERIAL :	Aluminium
IMMERSION MATERIAL :	Steel AISI 316L (food industry)
JUNCTION MATERIAL :	Not available
SENSOR INSULATION :	MgO Magnesium oxide >20Mohm at 25°C (500Vdc)
TAPERING :	NO
CERTIFICATION :	NO

Response time of RTD with tube in steel AISI-316/304 MgO insulated, according to B.S. 1904/1994/CEI60751, 50mm water immersion at 1m/sec speed calculated on 63,2% of thermal gradient, according to stem diameter and thickness.



CONNECTION CABLE FEATURES					
SHEATH MATERIAL	TEMPERATURE [°C]		ABRASION RESISTANCE	HUMIDITY RESISTANCE	FLAME BEHAVIOUR
	EXERCISE	INSTANTANEOUS			
PVC	-30 / + 105	+ 105	Good	Good	Self-extinguish
GSC Silicon rubber	-40 / + 250	+ 250	Sufficient	Fair	Self-extinguish
TFE Teflon	-200 / + 260	+ 310	Excellent	Excellent	Self-extinguish
KAP Kapton	-200 / + 400	+ 440	Fair	Good	Self-extinguish
TTS Glass fiber	-200 / + 500	+ 500	Poor	Poor	Incombustible
TTC Ceramic fiber	+ 1000	+ 1100	Poor	Poor	Incombustible

External diameter	Internal diameter	t=Time
6 mm	5 mm	6,5 S
8 mm	7 mm	8,3 S
10 mm	9 mm	10,2 S

TEMPERATURE °C	TOLERANCE PT100 Class B (+/-°C)	
	TEMPERATURE °C	TOLERANCE PT100 Class B (+/-°C)
-200	1.3	
-100	0.8	
0	0.3	
100	0.8	
200	1.3	
300	1.8	
400	2.3	
500	2.8	

Anexo 0-4: Especificaciones del sensor de temperatura Tipo PT100
Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

ANEXO E: INTERFAZ HMI – HOJA TECNICA

Hoja de datos

6AV2123-2DB03-0AX0

SIMATIC HMI, KTP400 BASIC, BASIC PANEL, MANDO POR TECLAS/TACTIL, PANTALLA TFT 4", 65536 COLORES, INTERFAZ PROFINET, CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/ STEP7 BASIC V13, CONTIENE SW OPEN SOURCE QUE SE CEDE GRATUITAMENTE VER EN EL CD ADJUNTO



Información general	
Designación del tipo de producto	KTP400 Basic color PN
Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	4,3 in
Achura del display	95 mm
Altura del display	53,9 mm
Nº de colores	65 536
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	480 Pixel
• Resolución de imagen vertical	272 Pixel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20 000 h
• Retroiluminación variable	Sí
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	4

Anexo 0-5: Especificaciones HMI Sinamics KP400 BASIC

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

ANEXO F: DATOS TECNICOS DEL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60



SIEMENS		MOTOR 3~ 1LA7 080-4YA60		
		0.75 HP 1.15	Ta -15/40°C FS	
S1	IP55	220YY/440Y V	1000msnm	04884
60Hz	IMB3	3.5/1.75 A	6.0Kg	
AISL.F	η 64.2	Cos ϕ 0.79	BG 0.71	
IEC34	Ia 37.2 In	Tn/Ta 3.24/6.1Nm	1650 rpm	

Anexo 0-6: DATOS TÉCNICOS DEL MOTOR SIEMENS 1LA7 073-4YA60

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.

ANEXO G: DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS G110

Tamaño constructivo	A	A con disipador plano	B	C
Potencia	0,12 ... 0,37 kW	0,55 ... 0,75 kW	0,12 ... 0,75 kW	1,1 ... 1,5 kW
Intensidad asignada de entrada (a 230 V)	2,3 ... 6,2 A	7,7 ... 10 A	2,3 ... 10 A	14,7 ... 19,7 A
Intensidad asignada de salida (a 40 °C)	0,9 ... 2,3 A	3,2 ... 3,9 A	0,9 ... 3,9 A	6 ... 7,8 A
11 ... 13,6 A				
Datos mecánicos				
Grado de protección	IP20			
Temperatura de servicio	-10 ... 40 °C, hasta +50 °C con derating			
Ancho x Alto x Profundidad (mm)	90 x 150 x 116	90 x 150 x 131	90 x 150 x 101	140 x 160 x 147
				184 x 181 x 152
Datos eléctricos				
Tensión de red	1 AC 200 ... 240 V \pm 10%			
Frecuencia de red	47 ... 63 Hz			
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 x corriente asignada a la salida (es decir, 150 % sobrecarga) durante 60 s, a continuación 0,85 x corriente asignada de salida durante 240 s, tiempo de ocio 300 s			
Frecuencia de salida	0 ... 650 Hz			
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar), 2 ... 16 kHz (en escalones de 2 kHz)			
Rango de frecuencias inhbibles	1, parametrizable			
Rendimiento del convertidor	En equipos < 0,75 kW: 90 ... 94 %, en equipos \geq 0,75 kW: 95 %			
Filtro CEM	Variante con filtro CEM integrado de clase A/B			
Entradas digitales	Hasta 4			
Salidas digitales	1 salida por optoacoplador con aislamiento galvánico (24 V DC, 50 mA, ohm., tipo NPN)			
Entrada analógica	Variante con una entrada analógica (también utilizable como entrada digital)			
Interfases de comunicación	Variante con interfaz serie RS485 para funcionar con protocolo USS			
Funciones				
Métodos de control/regulación	<ul style="list-style-type: none"> Característica U/f lineal (con elevación de tensión parametrizable) Característica U/f cuadrática Característica multipunto (característica U/f parametrizable) 			
Funciones operativas	<ul style="list-style-type: none"> Modo manual a impulsos Rearranque automático tras un paro provocado por un corte de red Conexión suave del convertidor al motor girando (rearranque al vuelo) 			
Frecuencias fijas	3, parametrizables			
Funciones de freno	Frenado por inyección de corriente continua, frenado combinado			
Funciones de protección	Subtensión, sobretensión, defecto a tierra, cortocircuito, vuelco del motor, protección térmica de motor ITC, sobretemperatura en convertidor, sobretemperatura en motor			
Motores aptos para conectar	Motores asíncronos de baja tensión			
Longitud máx. del cable al motor	25 m (apantallado), 50 m (no apantallado)			
Normas				
Conformidad con normas	UL, cUL, CE, c-tick			
Marcado CE	Según Directiva de baja tensión 73/23/CEE			
Accesorios				
	Basic Operator Panel, juego de conexión PC-convertidor, adaptador para el montaje en perfil DIN, bobina de red			

Anexo 0-7: DATOS TÉCNICOS DEL VARIADOR DE FRECUENCIA SINAMICS G110

Fuente: CUEVA Cristian ,2020

Realizado por: CUEVA, Cristian, 2020.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

*DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27/04/2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Cristian Miguel Cueva Toaquiza
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Informática y Electrónica
Carrera: Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales
Título a optar: Ingeniero en Electrónica, Control y Redes Industriales
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



1003-DBRAI-UTP-2021