



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LOS PARAMETROS
QUE INTERVIENEN EN UN SECADOR DE CACAO RECTANGULAR”**

Autores:

Núñez Tapia Víctor Fernando

Zapata Aulestia Dario Israel

Tutor:

Ing. Ms.C. Byron Paúl Corrales Bastidas

Latacunga – Ecuador

Abril 2022 – Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

"Nosotros **Núñez Tapia Víctor Fernando**, con cédula de ciudadanía N° 050397068-3 y **Zapata Aulestia Dario Israel**, con cédula de ciudadanía N° 050411174-1, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **"IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN UN SECADOR DE CACAO RECTANGULAR"**, siendo el MsC. Byron Paúl Corrales Bastidas, tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Núñez Tapia Víctor Fernando

C.C. 050397068-3



Zapata Aulestia Dario Israel

C.C. 050411174-1



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN UN SECADOR DE CACAO RECTANGULAR”, de los ponentes: Núñez Tapia Víctor Fernando y Zapata Aulestia Darío Israel, de la carrera de INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto 2022

Tutor

M.sC. Byron Paúl Corrales Bastidas

C.C. 050234776-8



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Núñez Tapia Victor Fernando, con cédula de ciudadanía N° 050397068-3 y Zapata Aulestia Dario Israel, con cédula de ciudadanía N°. 050411174-1 con el título de Proyecto de titulación:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DE LOS PARAMETROS QUE INTERVIENEN EN UN SECADOR DE CACAO RECTANGULAR”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto 2022

Para constancia firman:

PhD Héctor Luis Laurencio Alfonso
CC: 175836725-2

PhD. Enrique Torres Tamayo
CC: 175712194-0

Ing. Luigi Orlando Freire Martinez
C.I: 0502529589

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme haber llegado a este momento tan importante en, mi vida a mis padres por el amor incondicional que me han brindado a lo largo de todos estos años de formación, por velar y apoyar mis estudios a lo largo de estos años, agradezco a mi hija por ser el motor que impulso mi sueño de convertirme en un profesional.

A mi amigo Dario quien, a lo largo de estos años ha compartido conmigo, las aulas, los sueños, la amistad.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas, sus docentes por el conocimiento compartido. A nuestro tutor el Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. por habernos guiado en todo este proyecto.

Victor

DEDICATORIA

El presente trabajo va dedicado a Dios en primer lugar que me ha dado la vida para poder cumplir mis sueños, a mis padres Víctor y Rosa, quienes han sido el apoyo fundamental en mis años de estudio, a mi hija Samantha quien ha sido la principal motivación para seguir adelante con todos los objetivos que me he propuesto. A mi hermano Cristian, a todos mis familiares que confiaron en mis capacidades de lograr este tan ansiado sueño, a ellos que me demostraron que la unidad prevalece ante cualquier adversidad. Muchas gracias.

Víctor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser la luz que ha guiado mi camino en todo este proceso; a mis padres Byron Zapata y Patricia Alestisa, que con su dedicación, empeño, sacrificio y ejemplo he podido a ser una persona de bien, logrando así alcanzar mis objetivos en esta etapa importante de mi vida, gracias padres queridos porque con su apoyo he logrado cristalizar uno de mis sueños, de la misma manera agradezco a mi hermano menor Patricio Zapata, que aunque él se encuentre lejos, siempre ha estado pendiente de mi.

Un agradecimiento especial a Victor Nuñez que se ha convertido en un amigo inseparable, y juntos hemos compartido el mismo sueño y alegría en nuestra vida universitaria.

Mi gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme abierto sus puertas, ahora sintiéndome orgulloso de haber pertenecido a la misma, a sus docentes que con sus enseñanzas han formado personas éticas con espíritu Humanista. De todo corazón agradezco a mi tutor Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. quien ha sido mi guía a lo largo de de mi vida académica y el culmine de ella, al Ing. Luigi Orlando Freire Martinez M.Sc. por sus consejo y apoyo como maestro y amigo.

Dario

DEDICATORIA

El presente trabajo es reflejo del esfuerzo y dedicación, el mismo no hubiese sido posible sin la ayuda incondicional de todas y cada una de las personas que me han acompañado en el recorrido de mi vida, las cuales han sido mi roca firme en momentos de angustia y desesperación.

Primeramente Doy gracias a Dios, por estar conmigo en cada paso dado, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el proceso de mis estudios, de manera especial dedico este trabajo a mis Padres: Byron Zapata y Patricia Aulestia, a mi hermano menor Patricio Zapata, quiénes son el pilar fundamental en este caminar; a mis ángeles del cielo: Rosendo Zapata, Juan Luis Aulestia, Marina Vaca, Emma Zapata, Luis Humberto Aulestia y Sebastián Aulestia, que desde donde se encuentran me guían y cuidan; a todos mis familiares que han estado presentes en cada momento y nunca dudaron de mis capacidades.

Mil veces gracias.

Dario

ÍNDICE GENERAL

INFORMACIÓN GENERAL	14
1. 2	
1.1 RESUMEN	15
1.2 EL PROBLEMA:	17
1.2.1 Planteamiento del problema:	17
1.2.2 Formulación del problema	17
1.3 BENEFICIARIOS	17
1.4 JUSTIFICACIÓN	17
1.5 HIPÓTESIS	18
1.6 OBJETIVOS	18
1.6.1 General	18
1.6.2 Específicos	18
1.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	18
1.8 Matriz causa y efecto	19
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	20
2.1 ANTECEDENTES	20
2.1.1 Procesos de secado de Cacao	21
2.1.2 Parámetros de un proceso de secado de cacao	24
2.2 MARCO REFERENCIAL	25
2.2.1 Adquisición de datos	25
2.2.2 Tipos de señales	25
2.2.3 Sensores de Temperatura	25
2.2.4 Flujo de aire	29
2.2.5 Humedad	30
2.2.6 Sistemas de Control	30
2.2.7 Microcontroladores	32
3. 22	
3.1 22	
3.1.1 22	
3.1.2 22	
3.1.3 23	
3.1.4 24	

3.1.5	25	
3.2.6	Selección de Microcontrolador	38
3.2.7	Selección de pantalla para exposición de datos	39
3.2.8	Ecuaciones para cálculo de error	39
3.2	29	
3.2.1	29	
3.2.2	32	
3.2.3	34	
3.2.4	41	
3.2.5	42	
3.3	42	
3.3.2	42	
3.3.3	43	
3.3.4	44	
4	45	
4.1	CONCLUSIONES	56
4.2	RECOMENDACIONES	56
	BIBLIOGRAFÍA	56
	ANEXOS	60

Índice de Tablas

Tabla 1.1 Tareas a cumplir	18
Tabla 2.1. Termopares y código de colores. [28]	26
Tabla 3.1 Comparación entre RTD PT 100 y Termocuplas	35
Tabla 3.2 Datos de placa del motor	36
Tabla 3.3 Valores reales de cámara térmica en vacío	42
Tabla 3.4 Valores obtenidos de los sensores en vacío	42
Tabla 3.5 Datos de calibración del Transmisor 1	43
Tabla 3.6 Comparación del valor real vs el valor medido	44
Tabla 3.7 Datos obtenidos al escanear en la Mazda Bt-50	45
Tabla 3.8 Datos del anemómetro en función de la frecuencia del variador.	48
Tabla 3.9 Datos en el sistema	49
Tabla 3.10 Comparación de valor real vs valor medido	51
Tabla 3.11 Comparación entre secadora convencional vs secadora con control	53

Índice de Figuras

Figura 2.1 Secado de cacao de forma tradicional [8]	21
Figura 2.2 Secado al sol [10]	22
Figura 2.3 Secado a la sombra [12]	22
Figura 2.4 Secado por medio de uso de tendales [14]	22
Figura 2.5 Secador rotativo SRE-800 [17]	23
Figura 2.6 Secador cilíndrico vertical. [18]	23
Figura 2.7 Secadora rectangular [20]	24
Figura 2.8 Tipos de señales [25]	25
Figura 2.9 PT100 [31]	29
Figura 2.10 Pirómetro [33]	29
Figura 2.11 Sensor MAF [36]	30
Figura 2.12 Esquema básico de un microprocesador.	32
Figura 2.13 Arquitectura interna de un PIC16X5x	33
Figura 2.14 Arquitectura de microcontrolador de gama media.	33
Figura 2.15 Arquitectura interna de un microcontrolador de gama alta.	34
Figura 3.1 Variador de frecuencia Micromaster 440	35

Figura 3.2 Sensor MAF de Mazda Bt-50 a Diesel [39]	37
Figura 3.3 Celda de carga de tipo S [40]	37
Figura 3.4 Transmisor de peso [41]	38
Figura 3.5 Microcontrolador de gama alta	39
Figura 3.6 Pantalla Nextion 7.0	39
Figura 3.7 Relación de temperatura con voltaje	41
Figura 3.8 Ubicación y termográfica de puntos calientes	42
Figura 3.9 Gráfica de calibración del transmisor 1 con su ecuación	44
Figura 3.10 Comparación del valor real vs valor medido	45
Figura 3.11 Gráfica del caudal en la Mazda Bt-50	47
Figura 3.12 Gráfica del flujo másico con el sensor MAF en el sistema	50
Figura 3.13 Comparación de valores reales vs valores medidos	52
Figura 3.14 Control PID	52

Índice de Ecuaciones

(2.1) Ecuación de control Proporcional	30
(2.2) Ecuación de control Integral	31
(2.3) Unión de ecuaciones Proporcional e Integral	31
(2.4) Ecuación Proporcional e Integral	31
(2.5) Unión de ecuaciones Proporcional Derivativa	31
(2.6) Ecuación Proporcional Derivativa	31
(2.7) Unión de ecuaciones Proporcional-Integral-Derivativa	32
(2.8) Ecuación Proporcional-Integral-Derivativa	32
(3.1) Ecuación de Potencia	36
(3.2) Ecuación de porcentaje de humedad	38
(3.3) Ecuación de media ponderada	40
(3.4) Ecuación de error relativo	40
(3.5) Ecuación para la obtención de temperatura	41
(3.6) Ecuación para la obtención de masa	44
(3.7) Ecuación para la obtención de flujo volumétrico	47
(3.8) Ecuación del área	47

(3.9) Ecuación flujo másico	48
(3.10) Ecuación de relación	50
(3.11) Ecuación del flujo del aire	50
(3.12) Ecuación coste de depreciación	55
(3.13) Ecuación de depreciación anual	55

INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador de cacao rectangular.

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de finalización: Agosto 2022

Lugar de ejecución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado: Análisis de eficiencia en el proceso de secador de cacao mediante diferentes formas geométricas en el sistema de captación.

Equipo de Trabajo:

Ing. MSc. Corrales Bastidas Byron Paúl (Tutor)

Núñez Tapia Víctor Fernando

Zapata Aulestia Darío Israel

Área Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0714 Electrónica y Automatización

Línea de investigación:

Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 RESUMEN

El desarrollo de la presente propuesta tecnológica, busca solventar la necesidad de tener un control de los sistemas que interactúan en un proceso de secado de cacao, para lo cual se realizó un análisis de dispositivos que permita que los distintos factores sean controlados, a su vez con esto se busca que el proceso se lo realice en el menor tiempo posible. El primer factor primordial es el flujo de aire para lo cual luego de distintas mediciones se optó por utilizar un sensor MAF; se utilizan 6 RTD PT100 para obtener los datos para realizar el respectivo control de temperatura el cual en el sistema es el factor clave ya que si el parámetro es erróneo el producto perderá las características fundamentales que requieren para ser comercializadas y almacenadas. Para la medición de peso se utilizan 3 celdas de carga en forma de “S” las cuales tienen una capacidad máxima de 100 kg, esto con la finalidad de obtener el valor en tiempo real, para observar la pérdida de humedad que se tiene en el proceso. Posteriormente para la recolección de los parámetros se hace uso de un microcontrolador el cual permite que los datos adquiridos tengan un procesamiento idóneo para lograr realizar un control óptimo del proceso que sea eficiente en cuanto a consumo de energía. Para la visualización del comportamiento y exposición de datos, se hace uso de una pantalla Nextion, la cual por sus características tiene la capacidad de implementar funciones que hacen que la interfaz tenga un correcto desempeño. El error de los datos obtenidos en el sistema es de 0.43% en temperatura, 2.95% en peso y 4.74% en flujo; adicional realizando una comparación entre procesos artesanales el consumo de GLP es de 10.51 kg por quintal, mientras que el en el proceso controlado se utiliza 1.5 kg por quintal.

Palabras clave: MAF, Control, medición, temperatura, flujo.

ABSTRACT

The development of this technological proposal seeks to solve the need to have a control of the systems that interact in a cocoa drying process, for which an analysis of devices that allow the different factors to be controlled was carried out, in turn with this it is sought that the process is done in the shortest possible time. The first main factor is the air flow for which after different measurements it was decided to use a MAF sensor; 6 RTD PT100 are used to obtain the data for the respective temperature control which in the system is the key factor because if the parameter is wrong the product will lose the fundamental characteristics required to be marketed and stored. For weight measurement, three "S" load cells are used, which have a maximum capacity of 100 kg, in order to obtain the value in real time, to observe the loss of moisture in the process. Subsequently, a microcontroller is used to collect the parameters, which allows the data acquired to have an ideal processing in order to achieve an optimal control of the process that is efficient in terms of energy consumption. For the visualization of the behavior and data display, a Nextion screen is used, which due to its characteristics has the capacity to implement functions that make the interface have a correct performance. The error of the data obtained in the system are 0.43% in temperature, 2.95% in weight and 4.74% in flow; additionally, making a comparison between artisanal processes, the LPG consumption is 10.51 kg per quintal, while the controlled process uses 1.5 kg per quintal.

Key words: MAF, Control, measurement, temperature, flow.

1.2 EL PROBLEMA:

1.2.1 Planteamiento del problema:

En el Ecuador los agricultores de cacao a pequeña escala tienen un problema muy importante, ya que debido a los cambios climáticos están más propensos a perder sus productos, por lo que al realizarlo de forma tradicional lleva mucho tiempo de trabajo y gastos, a su vez al no tener ningún tipo de maquinaria es muy difícil que el cacao cumpla con los requerimientos necesarios para poder almacenar o comercializar.

Al momento de realizar el secado de forma tradicional, el cacao no cumple con un estándar promedio de humedad que es del 7%, sino que este tiene una humedad mayor la cual varía entre 16% al 17% lo que afecta al momento de comercializar [1]. Con esta problemática los agricultores buscan una manera de realizar este proceso en el menor tiempo posible, sin embargo, este tipo de implementación hace que los costos sean elevados, por lo que se pretende hacer un proceso industrial, pero con pequeñas cantidades de producto al no tener ningún tipo de control el costo es elevado.

El presente proyecto tiene como finalidad implementar un sistema de control con los parámetros que intervienen en un secador de cacao, los mismos que son temperatura, humedad y flujo de aire ya que son fundamentales en el proceso para ahorro de capital y energía.

1.2.2 Formulación del problema

Bajo rendimiento en los sistemas de secado por gasto excesivo de GLP y falta de control de temperatura en la dinámica en el proceso, lo que provoca que no se obtenga un producto con las especificaciones necesarias para su almacenamiento y comercialización.

1.3 BENEFICIARIOS

Con este proyecto se pretende beneficiar a la población que produce cacao en menor escala, permitiendo que este proyecto sea viable para la reducción de tiempos de secado, haciendo que la calidad del producto se mantenga con los estándares establecidos para la comercialización y almacenamiento.

1.3.1 Directos

Los beneficiarios directos del proyecto del secador de cacao rectangular, es la comunidad investigativa universitaria, para poder realizar estudios de los parámetros de secado para el mejoramiento del mismo.

1.3.2 Indirectos

Como beneficiarios indirectos están los pequeños agricultores que necesitan la maquinaria necesaria que cuente con los parámetros técnicos de secado de cacao.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Lo que se pretende implementar es un sistema de control en un secador de cacao rectangular, el principal objetivo es obtener los datos de los factores que están inmersos en el sistema, para lo cual se utilizarán sensores, los que permitirán recopilar la información correcta del proceso, para posteriormente controlar todas las variables, realizando una recolección en una base de datos, la que permitirá ser fuente de información para diversos estudios que se pretenden realizar en lo posterior, con el fin de investigar las distintas formas de secado de cacao, permitiendo que se cumplan los requerimientos del producto a ser procesado.

Este sistema automatizado permitirá que el tiempo de secado, se ejecute en el menor tiempo posible y a su vez mejorar el consumo de energía, con la finalidad de que sea un proyecto viable para ayudar a los pequeños productores, tanto en la economía reduciendo gastos en la mano de obra y permitiendo el secado en pequeñas cantidades para buscar y generar ganancias.

1.5 HIPÓTESIS

Mediante la implementación de un sistema de control PID de temperatura, más la obtención de datos de flujo y peso los cuales intervienen en un secador de cacao rectangular, se podrá obtener los datos característicos del sistema.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 General

Implementar un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador de cacao rectangular mediante la adquisición de datos, a fin de obtener un producto que cumpla con las especificaciones técnicas.

1.6.2 Específicos

- Realizar el estudio de los diferentes procesos que intervienen en un secador rectangular de cacao.
- Diseñar un sistema de adquisición de datos de temperatura, peso, y flujo de aire en un secador de cacao rectangular.
- Implementar un sistema de control acorde a las especificaciones del proceso.
- Validar el correcto desempeño del proceso de acuerdo a los parámetros requeridos.

1.7 SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

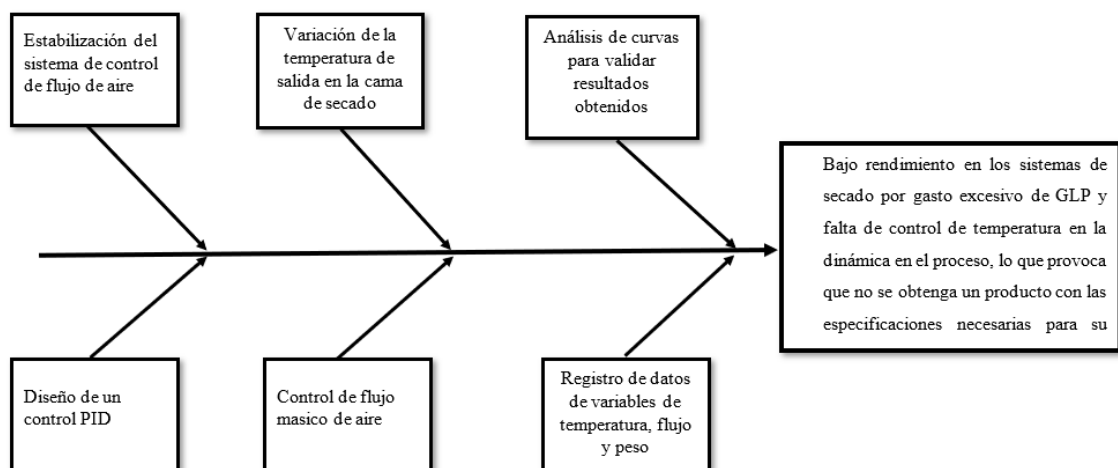
Tabla 1.1 Tareas a cumplir

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad
1 Realizar el estudio de los diferentes procesos que intervienen en un secador rectangular de cacao.	Se investiga los diferentes procesos y variables que involucran un secador rectangular de cacao. Obtención de variables de operación	Conocimiento adecuado de los diferentes procesos y variables que se encuentran involucradas en un secador de cacao. Selección adecuada de dispositivos de medición para la adquisición de datos.	Mediante metodología investigativa, cualitativa y de campo.
2 Diseñar un sistema de adquisición de datos de temperatura, peso, y flujo de aire en un secador de cacao rectangular.	Realización de un sistema de adquisición de datos para determinar variables de temperatura, peso, y flujo de aire en una secadora rectangular de cacao.	Sistema de adquisición de datos lista para la realización de pruebas con variables requeridas para su funcionamiento.	Mediante elementos físicos.
3 Implementar un sistema de control acorde a las especificaciones del proceso.	Estudio del uso y aplicación mediante un sistema de control de laso serrado. Elaborar un sistema de control acorde a las necesidades de una	Adquisición de conocimientos sobre el uso y aplicación de sistemas de control de laso serrado. Comprobar los sistemas de control	Mediante metodología investigativa y por medio de elementos físicos.

	secadora rectangular de cacao.	para la adquisición de datos	
4 Validar el correcto desempeño del proceso de acuerdo a los parámetros requeridos	Análisis del adecuado funcionamiento y comunicación en el sistema de control realizado.	Obtención de datos óptimos para el funcionamiento adecuada en el sistema de control incorporado	Metodología cualitativa y de campo.

1.8 Matriz causa y efecto

A continuación, se presenta la causa y efecto en un diagrama de Ishikawa.



2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1 ANTECEDENTES

El proceso de secado de cacao comprende algunas operaciones consecutivas tales como: la cosecha, apertura de la mazorca, la fermentación, el secado, la selección y clasificación. Con esto se pretende recolectar el mejor grano con las mejores características, tanto en aroma y sabor lo que es primordial para el uso industrial. El principal objetivo del secado es disminuir el porcentaje de humedad del grano hasta llegar a un rango de conservación y almacenamiento, el cual al inicio del proceso se encuentra en un rango de 70% y hasta en 50%. [2]

El secado artificial requiere del uso de máquinas en donde su función es optimizar el tiempo de secado y el costo de mano de obra, sobre todo se utiliza en lugares donde el secado natural no es posible debido al clima. Se toma en cuenta que el área de secado es mucho

menor y se seca en cantidades mayores. [3]

La secadora de cacao de forma rectangular, permite ahorrar tiempo y energía, este tipo de maquinaria la utilizan la mayor parte de productores, teniendo en cuenta todas las características del producto se toma en cuenta todas las variables para la construcción de esta maquinaria, por lo cual utiliza elementos que evitan la corrosión. Para la distribución del calor se utiliza un sistema de ventilación, el mismo que luego de pasar por un calentador que utiliza quemadores los cuales usan GLP, se distribuye en todo el sistema, sin embargo, para remover los granos, se lo hace de forma manual haciendo uso en la mayor parte de palas de madera o metal. [4]

En un proceso al implementar un sensor que permita medir o indicar la variable física que se desee medir puede ser presión, caudal, nivel, temperatura, etc. Al usar estos dispositivos se da el primer paso para poder realizar el sistema de control, con esto se usan los datos obtenidos para poder supervisar el comportamiento a lo largo del tiempo [5]

El control de temperatura es muy importante como una herramienta que permite regular el ambiente en un proceso. Para que funcione de forma correcta se considera el tipo de entrada, en algunos casos por medio de un sensor de temperatura, toda la información recogida se procesa para posteriormente enviar a un controlador lógico programable, a continuación, este enviara una señal para activar la salida que permita regular la temperatura. [6]

2.1.1 Procesos de secado de Cacao

El Ecuador al tener una diversidad de climas es frecuente observar que, dependiendo de la ubicación geográfica en la que se encuentren, la forma de secado varia esto conlleva a que los agricultores busquen una forma de secar sus productos.

2.1.1.1 Métodos de secado de forma tradicional

El secado natural es un método utilizado de forma muy común en diversas regiones debido a que es el procedimiento más simple y permite secar pequeñas cantidades, este método es aquel en la cual se coloca el producto de forma directa al sol o en la sombra, es muy demorado ya que se demora entre 7 y 14 días, esto es dependiente de las condiciones ambientales a las que se encuentre sometido el secado, como se muestra en la figura 2.1 [7]



Figura 2.0.1 Secado de cacao de forma tradicional [8]

2.1.1.2 Secado al sol

Este tipo de técnica es la más utilizada en varios lugares donde existe mayor presencia de sol, el producto se coloca en tendales sobre el suelo, en los caminos, en los patios esto con el fin de que el sol actúe de forma directa permitiendo que los rayos del sol eliminen el agua en el cacao, es el método más barato, pero esto hace que el trabajo requiera mayor tiempo y dedicación, ya que debe estar a expensas de los cambios climáticos, de los insectos que son atraídos para comerse la fruta, como se muestra en la figura 2.2. [9]



Figura 2.0.2 Secado al sol [10]

2.1.1.3 Secado a la sombra

El secado a la sombra se lo realiza principalmente en lugares y regiones los cuales presentan un clima seco y con vientos fuertes haciendo uso de cobertizos para el secado, este procedimiento es muy lento y puede existir la presencia de hongos los cuales afectan a la avellana, como se muestra en la figura 2.3. [11]



Figura 2.0.3 Secado a la sombra [12]

2.1.1.4 Secado por medio de uso de tendales

Este tipo de secado es muy útil y muy utilizado en Ecuador, en la noche todo el producto se amontona y se lo cubre con montones de hojas de plátano, bijao u otros elementos que permitan protegerlos del frío. En la mañana, se extiende el cacao con la finalidad de que la avellana tenga la humedad necesaria, como se muestra en la figura 2.4. [13]



Figura 2.0.4 Secado por medio de uso de tendales [14]

2.1.1.5 Secado de cacao artificial

En la industria agroalimentaria, se utilizan secadores artificiales porque estos permiten mejorar el tiempo de secado, para lo cual existen dos tipos de secadores los cuales son directos e indirectos. Los secadores directos son aquellos que utilizan el proceso de convección forzada, el cual consiste en utilizar un gas caliente que se pone en contacto directo con el producto y eliminar la humedad. Los secadores indirectos, utilizan el proceso de transmisión de calor, este proceso permite calentar una pared, para convertirla en un tipo de horno. [15]

2.1.1.6 Secador artificial rotatorio

El proceso de secado artificial rotatorio, utiliza el aire caliente, el cual es desplazado en todo el cilindro el cual se encuentra rotando, lo que permite que el producto no se compacte y se distribuya de la mejor manera posible, como se muestra en la Figura 2.5. [16]



Figura 2.0.5 Secador rotativo SRE-800 [17]

2.1.1.7 Secador cilíndrico vertical

La maquinaria utilizada es en forma de cilindro, lo cual está equipado con un mecanismo el cual permite que el calor se distribuya a lo largo del cilindro, a su vez se puede implementar un sistema el cual permita generar movimiento para que el cacao no se quede en un solo lugar, como se muestra en la figura 2.6.

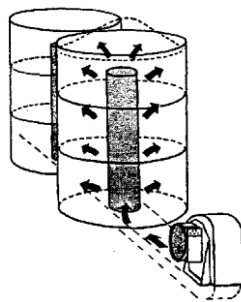


Figura 2.0.6 Secador cilíndrico vertical. [18]

2.1.1.8 Secadora rectangular

Este tipo de secador es utilizado por la mayoría de productores de cacao debido al tiempo de secado y por el ahorro de energía, para poder remover el grano se lo hace de forma manual, haciendo uso de palas metálicas o de madera; el combustible que se utiliza en el proceso es el GLP o el diésel, en el diseño consta de compuertas de descarga y también para la limpieza del producto. Como se muestra en la figura 2.7. [19]

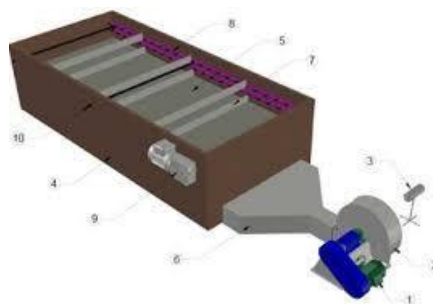


Figura 2.0.7 Secadora rectangular [20]

2.1.2 Parámetros de un proceso de secado de cacao

La humedad inicial después de la fermentación es del 60%, el valor en el proceso de secado debe reducirse hasta conseguir un valor entre el 7 y el 8%, para este procedimiento debe realizarse de una manera lenta y moderada, para conseguir que la avellana mantenga el sabor requerido, ya que si se lo hace de forma rápida deja un sabor amargo y si es muy lento puede generar moho, todo esto con una temperatura que no supere los 65°C. [21]

2.1.2.1 Humedad

El objetivo del proceso de secado, es que el cacao pierda humedad ya que después del proceso de fermentación el contenido puede estar más o menos al 60%, para poder almacenar y comercializar el valor debe quedar en el 7%. [1]

2.1.2.2 Temperatura

La temperatura es un factor fundamental al momento del secado, para lograr controlar este parámetro debemos conocer las características que tiene la avellana de cacao, ya que si no mantenemos la temperatura adecuada, la materia prima podría quemarse y el proceso se vería muy afectado. [22]

2.1.2.3 Flujo de aire

El secado utilizando aire caliente es uno de los procesos que más se utiliza para la deshidratación de frutas, ya que es un método económico, eficiente, productivo y de fácil manejo utilizando la tecnología actual. [23]

2.2 MARCO REFERENCIAL

2.2.1 Adquisición de datos

Los seres humanos para obtener la información necesaria para el desenvolvimiento diario utilizan sus sentidos, en cambio para un sistema industrial se adquiere la información mediante el uso de sensores, los cuales permiten tener el control de procesos y se han hecho parte fundamental en el desenvolvimiento de los mismos. [24]

2.2.2 Tipos de señales

Para la adquisición de datos, los sensores emiten señales las cuales se acondicionan, este tipo de señales se pueden dar de dos formas señales analógicas o digitales. Como se muestra en la figura 2.8.

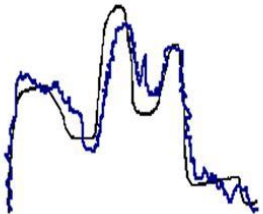
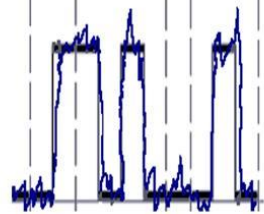
Señal Análoga	Señal Digital
Valores de Amplitud: Infinitos	Numero finito de amplitudes
Variación continua de amplitud en el tiempo	Lógica binaria (0,1)
Obtenida por transductores	La amplitud cambia cada T (Tiempo: Segundos)
	

Figura 2.0.8 Tipos de señales [25]

2.2.2.1 Señal digital

Una señal digital, es aquella señal que se expresa en Bits, la logia que se utiliza en este caso son 0 y 1, estos valores según el dato medido van variando cada segundo. [25]

2.2.2.2 Señal Analógica

La señal analógica, puede presentarse como una señal en forma de tensión, corriente; estas variables eléctricas varían con el tiempo entre un límite inferior y un límite superior. [26]

2.2.3 Sensores de Temperatura

Para la obtención de datos en el mercado existen distintos tipos de sensores los cuales permiten tener un control, se los puede encontrar según las características que tienen, varían según sus especificaciones y de acuerdo al área de uso.

2.2.3.1 Termopares

Es un dispositivo que permite medir la variable física que es la temperatura, fue descubierto por Thomas Seebeck, los termopares consisten en una combinación de dos conductores unidos por un extremo, al aumentar la temperatura en uno de los dos cables, inicia un flujo de corriente lo que conlleva también a una diferencia de voltaje. [27]

Los metales utilizados tienen varias combinaciones, cada uno de estos por su composición tiene características específicas, y la norma ANSI/ASTM E-230 ha estandarizado las posibles composiciones de los metales, utilizando colores para termopares, como se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.0.1. Termopares y código de colores. [28]

Código de color ANSI	Combinación de aleación		Comentarios Entorno Cable Pelado	Rango de temp. Máximo grado	FEM (mV) En todo el rango de temp.
	Conductor +	Conductor -			

				termopar	máximo
	HIERRO Fe (magnético)	CONSTANTÁN CUPRONÍQUEL Cu-Ni	Reductor, vacío, inerte. Uso limitado en entornos oxidantes a altas temperaturas. No se recomienda para temperaturas bajas.	-210 a 1200 °C – 346 a 2193 °F	-8.095 a 69.553
K	CHROMECA™ NICROMO Ni-Cr	ALOMEGA NIQUEL ALUMINIO Ni-Al	Oxidante limpio e inerte. Uso limitado en vacío o atmósfera reductora. Amplio rango de temperatura, la calibración más popular	-270 a 1372 °C – 454 a 2501 °F	-6.458 a 54.886
T	COBRE Cu	CONSTANTÁN CUPRONÍQUEL Cu-Ni	Ligeramente oxidante, reductor, vacío o inerte. Bueno en condiciones de humedad presente. Aplicaciones a temperaturas bajas y criogénicas.	-270 a 400 °C –454 a 752 °F	-6.258 a 20.872
E	CHROMECA NICROMO Ni-Cr	CONSTANTÁN CUPRONÍQUEL Cu-Ni	Oxidante o inerte. Uso limitado en vacío o atmósfera reductora. El cambio más alto de FEM por grado.	-270 a 1000 °C – 454 a 1832 °F	-9.835 a 76.373
N	OMEGA-P NICROSIL Ni- Cr-Si	OMEGA-N NICROSIL Ni-Si- Mg	Alternativa a tipo K. Más estable a temperaturas altas	-270 a 1300 °C – 450 a 2372 °F	-4.345 a 47.513

R	PLATINO 13% RODIO Pt- 13%Rh	PLATINO Pt	Oxidante o inerte. No insertar en tubos metálicos. Cuidado con la contaminación. Temperatura alta	-50 a 1768 °C -58 a 3214 °F	-0.226 a 21.101
S	PLATINO 10% RODIO Pt- 10%Rh	PLATINO Pt	Oxidante o inerte. No insertar en tubos metálicos. Cuidado con la contaminación. Temperatura alta.	-50 a 1768 °C -58 a 3214 °F	-0.236 a 18.693
R/SX	COBRE Cu	COBRE-BAJO NIQUEL Cu-Ni	Cable de conexión de grado de extensión para termopares R & S, también conocido como cable de extensión RX y SX		
U	COBRE Cu	COBRE Cu	No compensado para uso con RTDS y termistores		
B	PLATINO 30% RODIO Pt- 30%Rh	PLATINO 6% RODIO Pt-6%Rh	Oxidante o inerte. No insertar en tubos metálicos. Cuidado con la contaminación. Uso común en la industria del vidrio.	0 a 1820 °C 32 a 3308 °F	0 a 13.820
G (w)	TUNGSTENO W	TUNGSTENO26% RENIO W-26%Re	Vacío, inerte, hidrógeno. Cuidado con la fragilización. No es práctico por debajo de 399°C(750°F). No apto para atmósfera oxidante.	0 a 2320 °C 32 a 4208 °F	0 a 38.564
C (W5)	TUNGSTENO - 5% RENIO W-	TUNGSTENO - 26% RENIO W-	Vacío, inerte, hidrógeno.	0 a 2320 °C 32 a	0 a 37.066

	5%Re	26%Re	Cuidado con la fragilización. No es práctico por debajo de 399°C(750°F). No apto para atmósfera oxidante.	4208 °F	
D (W3)	TUNGSTENO - 3% RENIO W- 3%Re	TUNGSTENO - 25% RENIO W- 25%Re	Vacío, inerte, hidrógeno. Cuidado con la fragilización. No es práctico por debajo de 399°C(750°F). No apto para atmósfera oxidante.	0 a 2320 °C 32 a 4208 °F	0 a 39.506

2.2.3.2 Termorresistencias

Estos sensores trabajan con un principio que, si varía la temperatura, la resistencia tiende a modificarse, esto hace que se relacione la variación de resistencia tenga un valor de temperatura. Tiene componentes sensibles basados en metales, que cambian la resistencia eléctrica si existe alguna variación. [29]

2.2.3.3 RTD tipo PT 100

Esta termorresistencia, contiene Platino bobinado se encuentra arrollado, entre capas que aíslan revestido con cerámica para que no tenga ningún contacto con el exterior, la característica de esta termorresistencia es que a 0°C la resistencia es 100 Ω, con una precisión de 0.01°C, depende el recubrimiento y el uso que se le vaya a dar, como se muestra en la Figura 2.9, que es de uso alimenticio. [30]



Figura 2.0.9 PT100 [31]

2.2.3.4 Sensores infrarrojos

Este tipo de sensores están basados en un principio el cual estipula que todos los objetos emiten radiación longitudinal, las mismas que se ubican en la región infrarroja, los dispositivos miden la radiación y envían una señal calibrada según el requerimiento del usuario. [32]

Los pirómetros miden la radiación infrarroja en distancias cortas, permite mediciones confiables con una probabilidad de fallo de 0.4%, son pequeños como se muestra en la Figura 2.10.



Figura 2.0.10 Pirómetro [33]

2.2.4 Flujo de aire

El funcionamiento de los sensores está basado en un hilo, el cual es de platino o tungsteno el que se encuentra a una temperatura nominal, al momento de que un gas pasa por el hilo, este se enfría y obliga al circuito a proveer una determinada corriente para que la temperatura sea la determinada. [34]

2.2.4.1 Sensor MAF

Este sensor pertenece al grupo de los Medidores de Caudal, y utiliza el principio de Caudalímetros Másicos Térmicos, poseen dos electrodos uno interno y el otro es externo según la variación de temperatura se determina el valor de la temperatura. Como se muestra en la figura 2.11 [35]

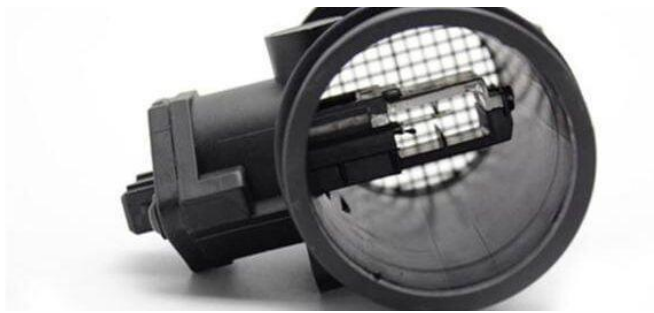


Figura 2.0.11 Sensor MAF [36]

2.2.4.2 Tubos de Pitot

Es instrumento que permite calcular la velocidad del fluido el cual consta de un simple tubo hueco de pequeño diámetro, el mismo está doblado en L, el eje se encuentra alineado en dirección de la velocidad del flujo, la presión que sale es medida en una escala. [37]

2.2.5 Humedad

Un sensor de humedad es el que permite detectar para luego controlar el porcentaje que existe en el aire, las aplicaciones que se dan para estos sensores son varios, ya que la humedad en ciertos procesos se debe controlar para obtener resultados que permitan que se cumplan con las características necesarias para obtener el producto requerido. En el mercado existen algunos sensores de humedad.

2.2.6 Sistemas de Control

Un microcontrolador es un circuito que integra todos los elementos que podría tener un computador en un solo cuerpo, se podría definir como un mini computador

Un controlador PID es aquel que permite modular la señal de control, tomando en cuenta el error que existe entre los datos obtenidos con el valor medido y el valor que deseamos tener; existen varios tipos de controladores los cuales se mencionan a continuación:

Control Proporcional (P)

Este control, da un resultado como salida del controlador el mismo que es proporcional al valor del error, la ecuación para este control es.

$$C_p(S) = K_p \quad (2.0.1)$$

Donde:

C_p = Control Proporcional

K_p = Ganancia proporcional ajustable.

Control Integral (I)

Este control, es proporcional al error acumulado en el sistema, lo que permite que sea un modo de controlar de forma lenta. Las ecuaciones utilizadas en este caso son:

$$u(t) = K_i \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.0.2)$$

Donde:

$u(t)$ = Señal de control

K_i =Control Integral

$e(\tau)$ = Señal de error

Control Proporcional-Integral (Pi)

Este control, se define como la unión de los dos controladores haciendo uso de las dos ecuaciones.

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau \quad (2.0.3)$$

Donde:

T_i =Tiempo integral

El tiempo integral es la que se ajusta a la integra y la función resultante de transferencia da como resultado:

$$C_{PI}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s}\right) \quad (2.0.4)$$

Con este control, es importante que exista un error para tener un control distinto a cero, lo que nos permitiría tener un control de primer orden en forma de escalón.

Control Proporcional-Derivativa (Pd)

El control se obtiene de la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.0.5)$$

Donde:

T_d = Tiempo derivativo

Esta acción permite la moderación del sistema, lo que hace que la acción de control se más rápida, pero esto hace que tenga una desventaja la cual amplifica las señales de ruido existentes en el proceso y puede provocar daño en el actuador. Como resultado el controlador PD es el siguiente.

$$C_{PD}(s) = K_p + s K_p T_D \quad (2.0.6)$$

Control Proporcional-Integral-Derivativo PID

Este tipo de control reúne las ventajas de os tres controles individuales, con esto se obtiene la siguiente ecuación:

$$u(t) = K_p e(t) + \frac{K_p}{T_i} \int_0^t e(\tau) d\tau + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} \quad (2.0.7)$$

Esta función tiene como resultado:

$$C_{PI}(s) = K_p \left(1 + \frac{1}{T_i s} + T_d s \right) \quad (2.0.8)$$

2.2.7 Microcontroladores

Los microcontroladores están presentes en distintas aplicaciones, son dispositivos que se utilizan en instrumentos electrónicos, en equipos industriales. Estos elementos están utilizados para implementarlos en aplicaciones puntuales, donde se debe realizar operaciones complejas al menor costo posible, normalmente ejecuta un programa que se almacena en su memoria interna de forma permanente, actuando con datos que ingresan se procesan y envían señales a los actuadores del sistema, en la figura 2.12 se muestra el esquema de un microcontrolador. [38]

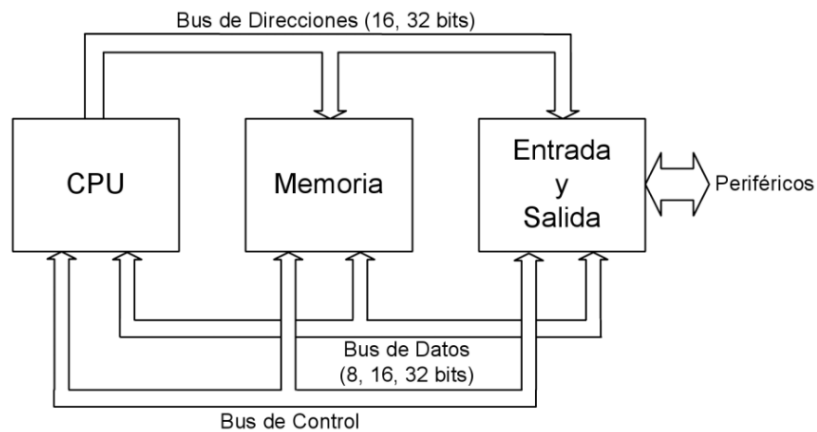


Figura 2.0.12 Esquema básico de un microprocesador.

Los microcontroladores se clasifican en tres grandes grupos, esto depende del tamaño de las instrucciones que se puedan ingresar, los cuales se describen a continuación:

- **Microcontroladores de gama baja**

Estos microcontroladores disponen de 12 bits, con 33 instrucciones, tiene una diminuta entrada y salida de dispositivos, tiene un comparador, un temporizador; su funcionamiento se da en condiciones de 5V y en el modo de bajo consumo es menor de 3V, la arquitectura interna se observa en la siguiente figura 2.13.

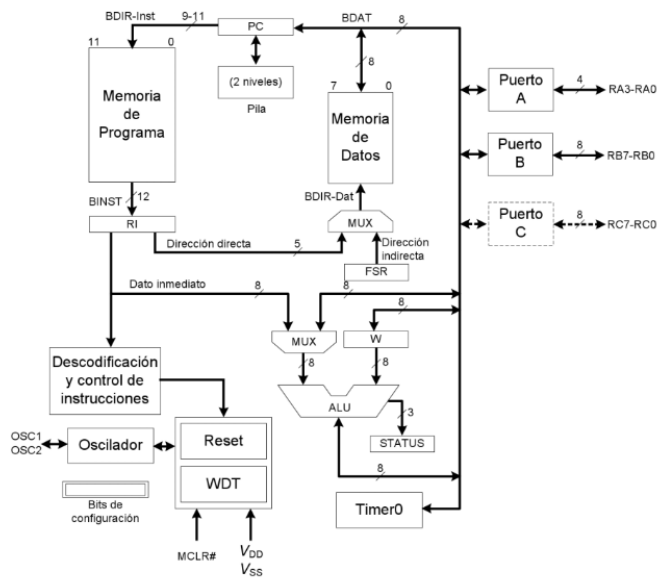


Figura 2.0.13 Arquitectura interna de un PIC16X5x

- **Microcontroladores de gama media**

Estos dispositivos tienen 14 bits y un repertorio de 35 instrucciones, tienen una amplia variedad de dispositivos de entrada y salida, por lo general estos dispositivos disponen una memoria EEPROM, esto quiere decir que los datos se guarden incluso cuando el elemento se reinicia o se apaga. El esquema de estos microcontroladores se observa en la siguiente figura 2.14.

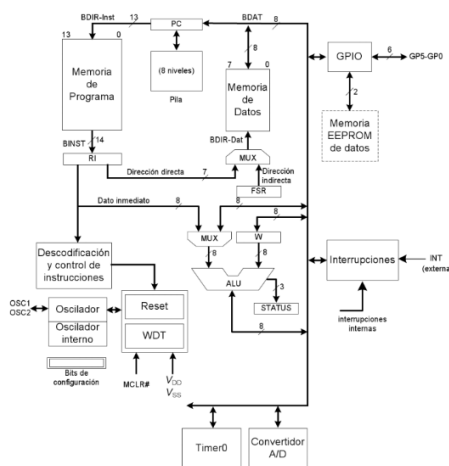


Figura 2.0.14 Arquitectura de microcontrolador de gama media.

- **Microcontroladores de gama alta**

Algunos de estos dispositivos de gama alta, tienen una arquitectura abierta, el número de elementos de entrada y salida son más amplios, ya que dispone de 50 instrucciones

Tabla 3.1 Comparación entre RTD PT 100 y Termocuplas

	RTD PT100	TERMOCUPLAS
Rango de temperatura	-200 °C hasta 420°C	0°C hasta 1260 °C
Linealidad	Relación entre temperatura-resistencia es casi lineal en el rango del sensor.	Relación entre temperatura-resistencia tiene forma de S al momento de graficar.
Precisión	± 0.01 °C	± 0.5°C
Estabilidad	Las lecturas se mantienen estables y se repiten durante algún tiempo	Las lecturas tienen a desviarse debido a los cambios químicos que afectan al sensor

Luego de verificar las características se optó por elegir una RTD PT 100, las características de la misma se encuentran en el Anexo 2. La cual debe tener un transmisor, las el cual tiene las mismas características, la cuales son que el rango de medición es de 0 a 200°C, a su vez el rango de tensión del transmisor es de 1V hasta los 5V, como se muestra en el Anexo 3.

3.1.3 Selección de Variador de frecuencia

El variador de frecuencia utilizado en el sistema es el variador Siemens MICROMASTER 440, como se muestra en la figura 3.1; el cual permite controlar la velocidad de un motor en función a la frecuencia y al voltaje emitido por el controlador, en este caso controla la velocidad del motor de la sopladora.



Figura 3.1 Variador de frecuencia Micromaster 440

Para configurar el variador se debe tener en cuenta el valor de la placa del motor en este caso es de marca Siemens, con sus datos los cuales se muestran en la siguiente tabla 3.2.

Tabla 3.2 Datos de placa del motor

SIEMENS	3 ~MOTOR 1LA7 090-4YA60	IEC0
	2.0 HP BG090L	Ta – 15/40 °C
IMB 3 IP 55	220 YV /440 Y V	7.0 / 3.5 A
AISLF 60 Hz	Tn/ Ta 8.7/ 17.4 Nm	la 3.8 ln
P.S 1.10 S1	Cos 0.73	1645 rpm
11.6 Kg IEC34	Rod 6205/ 600 2ZC3	1000 msnm

Con los valores de la placa se procede a configurar el variador, para lo cual primero se calcula el valor de la potencia del motor, en este paso se hace uso de la siguiente ecuación:

$$P = U * I \quad (3.1)$$

Donde:

P = Potencia en (W)

U = Tensión (V)

I = Intensidad (A)

Para hacer uso de la ecuación antes mencionada, se toma los valores necesarios, que en este caso es la tensión de trabajo del motor que es 440V y la intensidad que es de 3.5 A de la tabla 4, dando como resultado:

$$P = 440 V * 3.5 A$$

$$P = 1540 W$$

Con los datos obtenidos en los cálculos realizados se procede a hacer uso del manual de usuario del variador de frecuencia como se observa en el Anexo, el cual permite ingresar los datos necesarios para su correcto funcionamiento. En la configuración de frecuencia máxima se ingresa el valor de 120 Hz, esto por el motivo que el microcontrolador trabaja con una tensión de salida hasta 5V, y el rango de trabajo del variador es de 10 V.

3.1.4 Selección del sensor de flujo

El flujo de aire es muy importante en el proceso de secado, los sensores utilizados en la industria son muy costosos, para lo cual se realiza estudios con sensores de flujo más accesibles en tanto a costo y con una confiabilidad muy alta, se busca sensores de uso

automotriz, los cuales tienen la capacidad de permitir que el flujo de aire que ingresa sea directamente proporcional a la cantidad de combustible que ingresa al cilindro para que el proceso de combustión sea el óptimo. Como se muestra en la figura 3.2.



Figura 3.2 Sensor MAF de Mazda Bt-50 a Diesel [39]

3.1.5 Adquisición de datos de peso

El costo elevado de los sensores de humedad, permite buscar soluciones las cuales hacen que el uso dispositivo permita por medio de ecuaciones obtener el dato que se está buscando.

En este caso se utiliza cuatro celdas de carga en forma de S la cual permite medir hasta 100 Kg cada una, la misma que mide el valor del peso de acuerdo a la compresión a la que está sometida [40], como se muestra en la figura 3.3.



Figura 3.3 Celda de carga de tipo S [40]

El valor obtenido por esta celda de carga debe ser procesado para utilizar el dato por un microcontrolador para lo cual se hace uso de un transmisor de peso, este dispositivo presenta: alta sensibilidad, alta estabilidad; la precisión es de 0.05% y tiene una salida de 4 a 20 mA y su rango de tensión es de 0 a 10V, como se muestra en la figura 3.4.

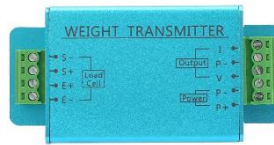


Figura 3.4 Transmisor de peso [41]

Los sensores se encuentran ubicados en los 4 soportes de la máquina.

Para determinar el valor de la humedad del producto en este caso el cacao el mismo que al someterle al proceso de secado, se hace uso de la siguiente ecuación:

$$H = 100 \frac{m - m_1}{m} \quad (3.2)$$

En donde:

H = Humedad en porcentaje de masa

m = masa inicial de la muestra a analizar (kg)

m₁ = masa de la muestra después del secado (kg)

Con esta ecuación al momento de realizar el secado permitirá determinar el porcentaje de humedad del cacao en el proceso.

3.2.6 Selección de Microcontrolador

Para la selección del dispositivo encargado de controlar se ven los elementos que interactúan en el sistema en este caso 6 RTDs de tipo PT100, 4 celdas de carga de tipo “S”, el sensor MAF, para lo cual se opta por seleccionar un microcontrolador programable el cual tiene características muy útiles para la aplicación, este elemento dispone de 54 pines, los cuales están repartidos en 16 entradas análogas y las otras 15 se pueden utilizar como salidas PWM, las cuales permitirán que los sensores utilizados en el sistema envíen señales al microcontrolador, el mismo que después procesará la información para poder actuar en el menor tiempo posible haciendo que el control del proceso de secado, cumpla con las características necesarias, controla el flujo de aire para controlar la temperatura del sistema, los datos que se encuentran en el sistema, el microcontrolador utilizado se observa en la siguiente figura 3.5.

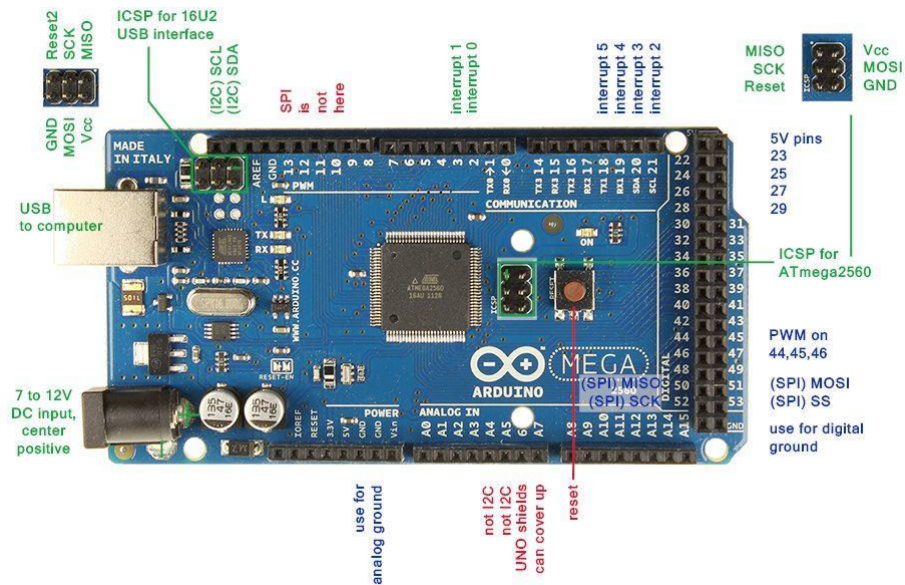


Figura 3.5 Microcontrolador de gama alta

Este microcontrolador tiene características especiales, las cuales se detallan en el *anexo*

3.2.7 Selección de pantalla para exposición de datos

Para observar el comportamiento del sistema se necesita visualizar el comportamiento del sistema, los distintos valores que interactúan, para lo cual se elige una pantalla que tenga la capacidad de tener conexión con el microcontrolador seleccionado, la pantalla seleccionada es una pantalla Nextion de 7 pulgadas, como se muestra en la figura 3.6.



Figura 3.6 Pantalla Nextion 7.0

Esta pantalla es distinta a las otras pantallas LCD TFT a color, ya que posee en su sistema un controlador inteligente, el cual permite acelerar las operaciones de dibujo y gráficos.

3.2.8 Ecuaciones para cálculo de error

Para calcular el error del sistema se procede a realizar la media ponderación de los valores con la siguiente ecuación.

$$MP = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{y_1 + y_2 + \dots + y_n} \quad (3.3)$$

Donde:

MP = Media ponderada

x = Conjunto de datos obtenidos

y = Puntos medidos

Con los valores obtenidos entre el valor real y el valor obtenido se obtiene un rango de error aplicando la siguiente ecuación.

$$e = \frac{|V_{Real} - V_{Aprox}|}{V_{Real}} \times 100 \% \quad (3.4)$$

Donde:

e = error relativo

V_{real} = valor real

V_{Aprox} = valor aproximado

3.2.9 Dimensionamiento del motor

Para selección del ventilador se toma en cuenta el valor del flujo volumétrico necesario para el proceso de secado, obteniendo los siguientes parámetros los que se encuentran en la tabla 3.3.

Tabla 3.3 Parámetros de selección del motor.

Parámetros de selección del ventilador	
Flujo volumétrico necesario	$\dot{V} = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$
Flujo masico necesario	$\dot{m}_a = 0.011 \text{ kg/s}$

Para la selección del ventilador se toma en cuenta en flujo volumétrico, pero antes se les transforma a las unidades más frecuentes por los fabricantes como se muestra en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Conversión de unidades de flujo.

Unidades de flujo	CFM	m^3/min	m^3/h
Resultado	32	5,4	54
Sobredimensionado con el 25%	36,8	6,7	67

Con el valor sobredimensionado se necesitaría un motor que supla un valor de 36,8 CFM, de esta manera se selecciona el motor 50 CFM Ronda Poly soplador con puerta Damper



Datos técnicos

- Voltaje 115 v
- Caudal 50 CFM
- Frecuencia 50/60 Hz
- Corriente 0,23 A
- Revoluciones 3036 RPM
- Potencia 26,45 W

Figura 3.7 Datos técnicos del motor

3.2 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para verificar el trabajo del sistema de control de los parámetros que intervienen en el proyecto, las pruebas realizadas en la parte experimental se obtienen realizando pruebas en vacío y con el producto a secar.

3.2.1 Prueba en vacío de temperatura

Para determinar el comportamiento de la temperatura en el sistema primero, se debe verificar el comportamiento de cada sensor en el sistema, para lo cual se toma en cuenta que, el rango de medición del sensor es de 0°C a 200°C, y el valor de la tensión del transmisor es de 1V hasta los 5V, realizando las mediciones necesarias se obtiene que, el valor de temperatura es progresivo, como se muestra en la siguiente figura 3.7.

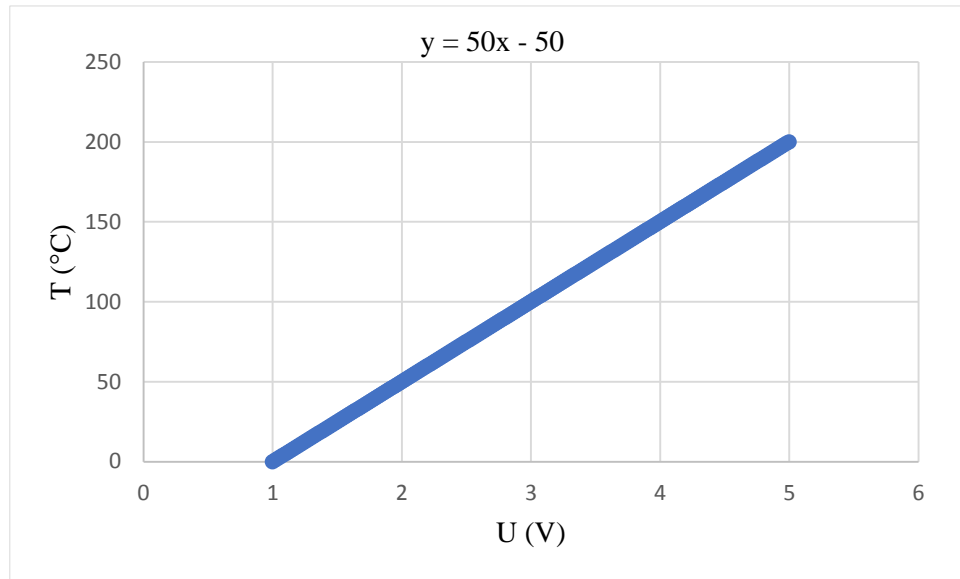


Figura 3.8 Relación de temperatura con voltaje

La ecuación que se obtiene para determinar el valor de cada sensor es la siguiente:

$$T = 50U - 50 \quad (3.5)$$

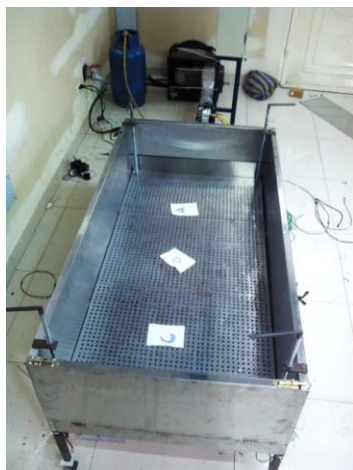
Donde:

T= Temperatura (°C)

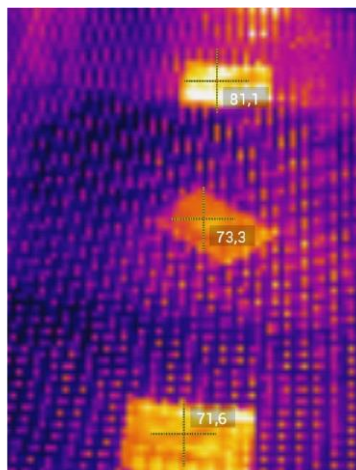
U= Tensión (V)

Esta ecuación se utiliza para todos los sensores que se encuentran en el sistema.

Para la prueba en vacío de temperatura se pone en funcionamiento la máquina sin carga, esto quiere decir sin la presencia de cacao en la cama de secado, para lo cual utilizaremos una cámara térmica, las RTD's para verificar la temperatura, para lo cual se realiza la ubicación de puntos calientes como se muestra en la siguiente figura 3.8.



A) Ubicación de los puntos de calientes



B) Imagen Térmica de los puntos a 70°C

Figura 3.9 Ubicación y termográfica de puntos calientes

Para realizar una comparación se realiza la recolección de datos del sistema de temperatura utilizando la cámara térmica para lo cual obtenemos la siguiente tabla 3.3.

Tabla 3.5 Valores reales de cámara térmica en vacío

Sección	Dato de temperatura °C	Dato de temperatura en K
A	81.1	355.25
B	73.3	346.45
C	71.6	344.75

Para realizar una comparación se realiza la recolección de datos del sistema de temperatura utilizando los RTD'S para lo cual obtenemos la siguiente tabla 3.4.

Tabla 3.6 Valores obtenidos de los sensores en vacío

Sección	Dato de temperatura °C	Dato de temperatura en K
A	79.5	352.65
B	71.3	344.45
C	70.6	343.75

Se determina que el error relativo es de 0.43%, permitiendo que el valor de la temperatura sea el más real posible.

3.2.2 Prueba de tara de sensores de masa

La calibración del transmisor se la realiza con pesos conocidos, los cuales se colocan de forma progresiva, este procedimiento se realiza con cada transmisor, permitiendo que el valor de la tensión corresponda al valor de la masa, teniendo en cuenta que la celda de carga y el transmisor tienen un valor máximo de 100 Kg y de 0 a 10 V respectivamente.

Para el transmisor 1 se obtienen los siguientes datos de los valores iniciales sin calibrar y del proceso de calibración del mismo como se muestra en la tabla 3.5:

Tabla 3.7 Datos de calibración del Transmisor 1

Transmisor 1			
N°	Masa en (Kg)	Tensión 1 Sin calibrar (V)	Tensión 2 Calibrado (V)
1	0	0	0
2	7,9	0,65	0,8
3	16,1	1,33	1,62
4	23,9	1,97	2,41
5	31,9	2,63	3,23
6	39,4	3,25	3,97
7	46,8	3,85	4,7
8	54,9	4,56	5,51
9	63,6	5,28	6,37
10	71,4	5,92	7,15
11	79,9	6,64	8
12	88,4	7,34	8,84
13	89	7,38	8,9

Con los datos obtenidos se obtiene la siguiente gráfica con su respectiva ecuación, como se muestra en la figura 3.9.

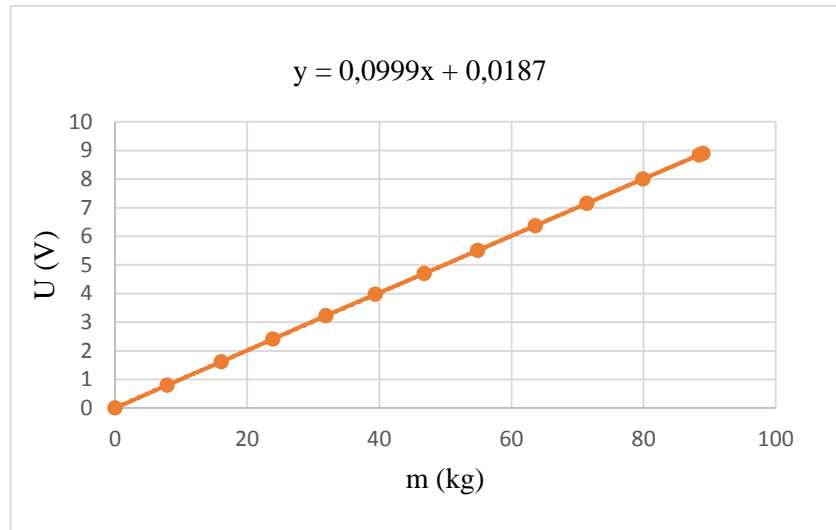


Figura 3.10 Gráfica de calibración del transmisor 1 con su ecuación

La ecuación que se obtiene es la siguiente:

$$U = 0.0999m + 0.0187 \quad (3.6)$$

Donde:

m = masa (kg)

U = voltaje (V)

Las ecuaciones serán ingresadas en el controlador, el cual tomará el valor de cada una de las celdas de carga y posteriormente expondrá el valor del peso que se encuentre en el sistema despreciando el valor de la máquina.

El análisis de peso tiene como objetivo obtener el valor del dato con el que ingresa el producto a la cámara de secado, para lo cual obtenemos los valores de la cama tomando en cuenta que se debe despreciar el valor de la masa total de la máquina de secado, en este caso la masa es de 90 kg, tomando en cuenta lo antes mencionado se realiza la siguiente tabla 3.6.

Tabla 3.8 Comparación del valor real vs el valor medido

Tensión	Masa Real (kg)	Masa Medido (kg)	Error relativo (%)
0,51	0	0	0,00%
4,62	7,9	7,6	3,80%
8,92	16,1	16	0,62%

12,44	23,9	23,1	3,35%
16,44	31,9	30,4	4,70%
20,35	39,4	38,1	3,30%
24,36	46,8	45,8	2,14%
28,76	54,9	54	1,64%
32,67	63,6	61,2	3,77%
36,87	71,4	69,1	3,22%
		Suma	26,54%
		Ponderación de error relativo	2,95%

Con estos datos se obtiene la siguiente figura 3.10.

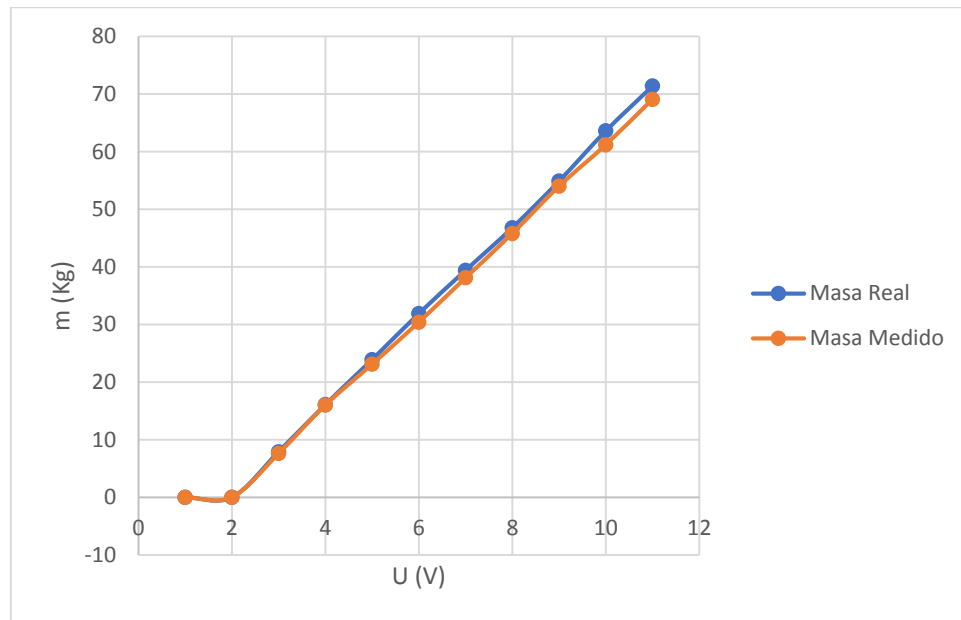


Figura 3.11 Comparación del valor real vs valor medido

Haciendo uso de la ecuación (20) se obtiene que el valor de error relativo es de 2.95 %.

3.2.3 Prueba en vacío de flujo

Se realiza un estudio con el scanner LAUNCH 123 E, al tomar una serie de lecturas de diferentes vehículos, se opta por elegir el sensor MAF de una camioneta Mazda Bt-50 que su combustión es de Diesel como se muestra en la figura, se establece el uso de este sensor porque la unidad de medida es de gramos sobre segundo (g/s) y la relación se realiza por la tensión medida.

Los datos que se obtienen al medir el flujo en la camioneta Mazda Bt-50, se muestran en la tabla 3.7.

Tabla 3.9 Datos obtenidos al escanear en la Mazda Bt-50

Datos del sensor MAF en la Mazda Bt-50	
Rango de Tensión (V)	Caudal (g/s)
0,66	26,32
1,12	14,40
1,4	10,46
1,61	9,16
1,8	9,20
1,95	10,05
2,06	11,13
2,18	12,75
2,26	14,09
2,35	15,84
2,42	17,38
2,49	19,08
2,57	21,21
2,63	22,94
2,7	25,11
2,75	26,76
2,8	28,48
2,86	30,66
2,9	32,18
2,96	34,54
3	36,19
3,06	38,75
3,11	40,97
3,15	42,81
3,2	45,18
3,23	46,63
3,28	49,13
3,33	51,70
3,37	53,82

La gráfica resultante en el sistema permite tener un punto de referencia para el uso en el

sistema de secado, como se muestra en la figura 3.11.

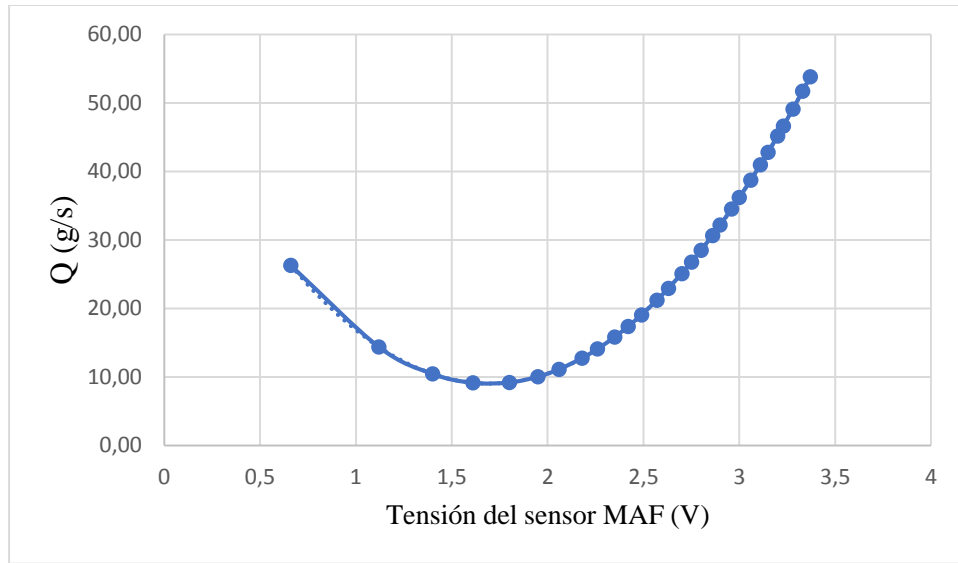


Figura 3.12 Gráfica del caudal en la Mazda Bt-50

El flujo de aire debe ser controlado en este caso, al hacer uso del variador, se debe realizar los cálculos necesarios para que este funcione de forma correcta y el valor del flujo se mantenga constante, haciendo uso de la ecuación, se determina que la potencia del motor es de 1540 W.

Posteriormente para tener puntos de referencia se utiliza un anemómetro, el mismo que mide la velocidad del flujo de aire que sale del soplador, las unidades emitidas por el dispositivo están reflejadas en $\frac{m}{s}$, para lo cual se debe transformar a flujo volumétrico, por lo tanto, se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$Q = V \times A \quad (3.7)$$

Donde:

Q = Flujo volumétrico ($\frac{g}{s}$)

V = Velocidad ($\frac{m}{s}$)

A = Área (m^2)

Para lo cual se calcula el área de la tubería en el sistema, con la siguiente fórmula:

$$A = \pi r^2 \quad (3.8)$$

Donde:

A = Área (cm^2)

$\pi = 3.1416$

r = radio (cm)

A continuación, se realiza el cálculo para obtener el dato:

$$A = \pi 3.04 \text{ cm}^2$$

$$A = 29.03 \text{ cm}^2$$

Luego de resolver las anteriores ecuaciones se procede a transformar a flujo másico para lo cual se utiliza la siguiente ecuación:

$$M = Q\delta \quad (3.9)$$

Donde:

M = Flujo másico (g/s)

Q = Flujo volumétrico ($\frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$)

δ = Densidad del aire ($\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$)

Con todos los cálculos anteriores y la recolección de datos se obtiene los resultados como se muestra en la tabla 3.8.

Tabla 3.10 Datos del anemómetro en función de la frecuencia del variador.

Medición del anemómetro		
Rango de frecuencia (Hz)	Velocidad (m/s)	Caudal en (g/s)
0	0	0,000
2,5	0	0,000
5	1,4	3,705
7,5	2,6	6,881
10	2,8	7,410
12,5	3,6	9,527
15	4,1	10,850
17,5	4,7	12,438
20	5,3	14,026
22,5	5,6	14,820
25	6,6	17,466
27,5	7,9	20,906
30	8,7	23,024
32,5	9,4	24,876
35	10	26,464
37,5	10,6	28,052
40	11,2	29,640
42,5	11,7	30,963
45	12,5	33,080
47,5	12,9	34,138
50	13,9	36,785
52,5	14,3	37,843
55	15,3	40,490
57,5	15,5	41,019

60	16,7	44,195
62,5	16,9	44,724
65	17,8	47,106
67,5	18,2	48,164
70	19,2	50,811

Posteriormente se realizan las pruebas del sensor MAF en el sistema, para esto se utiliza un multímetro para medir voltaje y obtener los datos en función de la frecuencia como se muestra en la tabla 3.9.

Tabla 3.11 Datos en el sistema

Datos del sensor en el sistema	
Rango de frecuencia (Hz)	Rango de Tensión (V)
0	0,66
2,5	1,12
5	1,4
7,5	1,61
10	1,8
12,5	1,95
15	2,06
17,5	2,18
20	2,26
22,5	2,35
25	2,42
27,5	2,49
30	2,57
32,5	2,63
35	2,7
37,5	2,75
40	2,8
42,5	2,86
45	2,9
47,5	2,96
50	3
52,5	3,06
55	3,11
57,5	3,15
60	3,2
62,5	3,23
65	3,28
67,5	3,33
70	3,37

Para obtener el valor real del flujo másico del sistema se debe tomar en cuenta la relación

de áreas del vehículo y del sistema para lo cual se utiliza la siguiente fórmula:

$$x = \frac{A_1}{D_2} \quad (3.10)$$

Donde:

x = Valor de la relación.

A_1 = Área de tubería de la Mazda Bt-50 (cm^3)

A_2 = Área de tubería del sistema (cm^3)

El diámetro de la toma de aire de la camioneta Mazda Bt-50 es de $2^{1/2}$ pulgadas y en el sistema la tubería utilizada es de 4 pulgadas, para esto se hace uso de la ecuación, y determinamos que:

$$x = \frac{A_1}{A_2}$$

$$x = \frac{29.03 \text{ cm}^3}{81.073 \text{ cm}^3}$$

$$x = 0.358$$

La relación del sistema es de 0.358.

Luego de la recolección de datos se obtiene una gráfica la cual se encuentra en función del voltaje y el caudal, como se muestra en la figura 3.12.

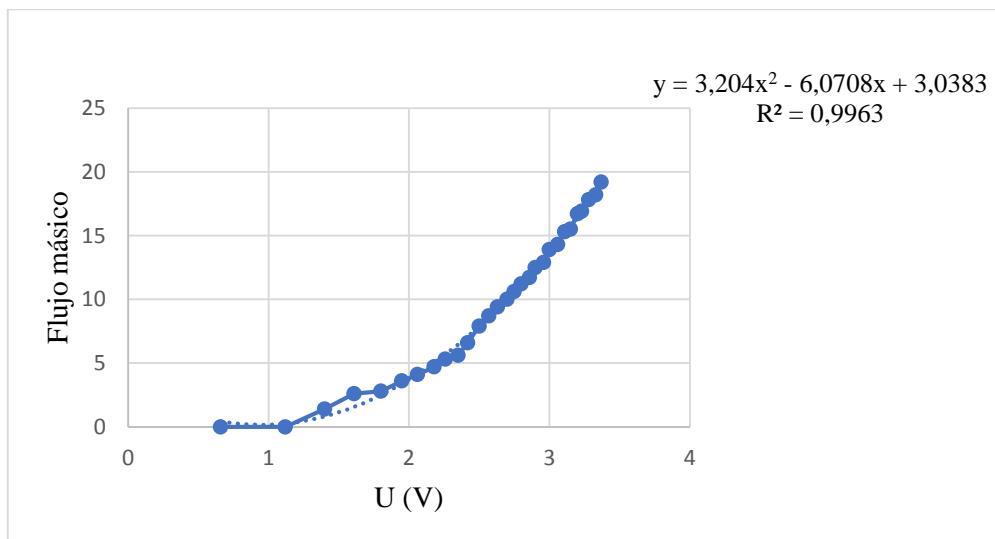


Figura 3.13 Gráfica del flujo másico con el sensor MAF en el sistema

Con la figura anterior se puede obtener la ecuación que se obtiene es la siguiente:

$$y = 3.204U^2 + 6.0708U + 3.0383 \quad (3.11)$$

Donde:

y = Flujo de aire ($\frac{g}{s}$)

U = Tensión (V)

Por lo tanto, la ecuación será ingresada en el controlador para realizar el respectivo proceso. El análisis de flujo del sistema se lo analiza haciendo uso de un anemómetro y el valor del sensor en función al voltaje ingresado. Con los datos obtenidos se realiza una comparación de datos reales vs datos medidos, para lo cual se utiliza la ecuación 20. Obteniendo la siguiente tabla 3.10.

Tabla 3.12 Comparación de valor real vs valor medido

Voltaje	Anemómetro	Dato del sensor MAF	Error relativo
0,66	0	2,00	0
1,12	0	2,50	0
1,4	3,705	6,24	-68,42%
1,61	6,881	9,16	-33,09%
1,8	7,41	9,20	-24,13%
1,95	9,527	10,05	-5,46%
2,06	10,85	11,13	-2,56%
2,18	12,438	12,75	-2,50%
2,26	14,026	14,09	-0,44%
2,35	14,82	15,84	-6,86%
2,42	17,466	17,38	0,50%
2,49	20,906	19,08	8,75%
2,57	23,024	21,21	7,88%
2,63	24,876	22,94	7,77%
2,7	26,464	25,11	5,11%
2,75	28,052	26,76	4,61%
2,8	29,64	28,48	3,90%
2,86	30,963	30,66	0,98%
2,9	33,08	32,18	2,73%
2,96	34,138	34,54	1,19%
3	36,785	36,19	1,62%
3,06	37,843	38,75	2,40%
3,11	40,49	40,97	1,19%
3,15	41,019	42,81	4,36%
3,2	44,195	45,18	2,22%
3,23	44,724	46,63	4,27%
3,28	47,106	49,13	4,29%
3,33	48,164	51,70	7,35%
3,37	50,811	53,82	5,93%
		Suma	132,79%
		Ponderación de error relativo	4,74%

Con estos datos se procede a realizar una comparación como se muestra en la figura 3.13.

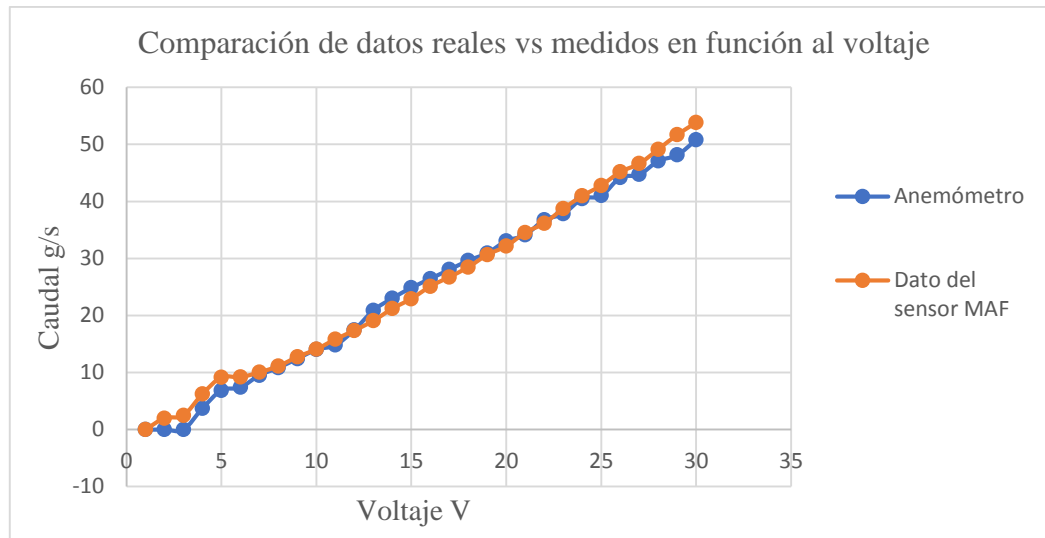


Figura 3.14 Comparación de valores reales vs valores medidos

Con el valor obtenido en la tabla se determina que el error relativo es de 4.74 %, este dato demuestra que el valor medido tiene un cierto grado de error en el sistema, haciendo que este valor medido sea cercano a la realidad.

3.2.4 Control PID

El control PID es la parte primordial en el sistema, este permite tener el control del proceso, para lo cual se hace la adquisición de todos los valores del sistema, los datos primordiales son temperatura y flujo de aire, ya que estos van a ser los encargados de proveer información al sistema para realizar el respectivo control como se muestra en la figura 3.14.

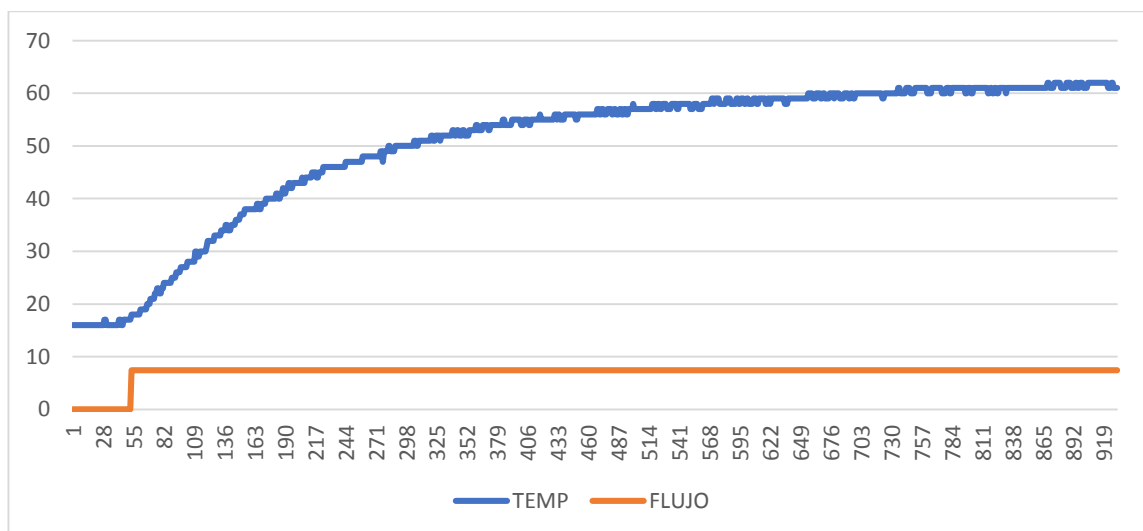


Figura 3.15 Control PID

Como se puede apreciar anteriormente el control se realiza de forma correcta permitiendo que el valor de la temperatura se mantenga constante, haciendo que las propiedades del cacao se mantengan y el proceso se desempeñe de la mejor forma posible.

3.2.5 Comparación con secadoras convencionales

El análisis comparativo en cuanto al consumo de gas en una secadora convencional con respecto a la secadora con control del proceso, se obtiene los siguientes datos que se observan en la siguiente tabla 3.11.

Tabla 3.13 Comparación entre secadora convencional vs secadora con control

Consumo de gas en una secadora convencional			Consumo de gas en la secadora con control		
Cilindros de gas	Cantidad de secado (quintales)	Tiempo estimado de secado (horas)	Cilindros de gas	Cantidad de secado (quintales)	Tiempo estimado de secado (horas)
4	15	6	1	1	4
Porcentaje de consumo de gas por quintal			Porcentaje de consumo de gas por quintal		
26%			3,71%		

Los datos mostrados en la tabla, permiten apreciar que el consumo de energía en la secadora con control es eficiente en un 85%, esto hace que el consumo de energía sea eficaz.

3.3 EVALUACIÓN TÉCNICO, SOCIAL, AMBIENTAL Y/O ECONÓMICA

3.3.1 Evaluación Tecnológica

Los procesos de secado de cacao en menor escala, no tienen un control que permita que el valor de temperatura se mantenga constante. La propuesta tecnológica de implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador de cacao rectangular, permite tener un control constante de las variables que intervienen en el sistema permitiendo realizar el proceso en el menor tiempo posible.

3.3.2 Impacto social

Al haber realizado la investigación acerca de control de sistemas de secado de cacao rectangular en pequeña escala, no se obtienen muchos datos ya que de forma usual se lo hace de manera empírica.

3.3.3 Evaluación Económica

La presente propuesta tecnológica, al ser de tipo experimental se realiza un gasto considerable ya que se hace uso de elementos que cumplan las funciones para su mayor rendimiento y función. A continuación, se presenta la tabla 3.12, de costos

Tabla 3.12 Costos

Cantidad	Elemento	Valor unitario	Valor total
1	Sensor MAF de camioneta Mazda Bt-50 a Diesel	\$ 80,00	\$ 80,00
6	RTD PT100	\$ 80,00	\$ 480,00
6	Transmisores de temperatura	\$ 40,00	\$ 240,00
4	Celdas de carga tipo "S"	\$ 55,00	\$ 220,00
4	Transmisores de carga	\$ 35,00	\$ 140,00
1	Pantalla Nextion	\$ 174,00	\$ 174,00
1	Arduino Mega	\$ 25,00	\$ 25,00
1	Placa	\$ 5,00	\$ 5,00
11	Conectores para placa	\$ 0,10	\$ 1,10
12	Resistencias de 250 Ohmios	\$ 0,05	\$ 0,60
1	Resistencia de 47 K	\$ 10,00	\$ 10,00
1	Capacitor de 10uf	\$ 5,00	\$ 5,00
20	Conductor #18	\$ 0,28	\$ 5,60
1	Variador Micromaster 440	\$ 1.600,00	\$ 1.600,00
1	Soplador Motor Siemens	\$ 800,00	\$ 800,00
1	Fuente de 24 Voltios	\$ 25,00	\$ 25,00
2	Termo encogible	\$ 0,40	\$ 0,80
1	Silicona térmica	\$ 4,50	\$ 4,50
1	Funda de Tairas	\$ 4,00	\$ 4,00
1	Canaleta	\$ 8,50	\$ 8,50
1	Funda de conectores	\$ 2,50	\$ 2,50
2	Selectores	\$ 3,50	\$ 7,00
3	Pulsadores	\$ 3,50	\$ 10,50
3	Luces piloto	\$ 3,50	\$ 10,50
1	Libra de Electrodo	\$ 2,50	\$ 2,50
1	Funda de autoperforantes	\$ 2,50	\$ 2,50
4	Recubrimiento térmico	\$ 1,20	\$ 4,80
1	Cinta doble faz	\$ 0,90	\$ 0,90
1	Caja para tablero de control	\$ 180,00	\$ 180,00
1	Mano de obra	\$ 800,00	\$ 800,00
	Total		\$ 4.850,30

3.3.4 Costo de depreciación

Para realizar el costo de depreciación de los bienes y maquinarias industriales se considera 10 años y se utiliza la siguiente ecuación (21).

$$V_{\text{salvamiento}} = V_{\text{inicial}} \frac{V_{\text{inicial}} * \text{vida útil}}{\text{años de depreciación}} \quad (3.12)$$

Donde:

V_{inicial} = Valor de costo

Vida útil = Tiempo estimado de depreciación

Años de depreciación = años estimados de depreciación

$$V_{\text{salvamiento}} = \$4850.30 - \frac{4850.30 * 10 \text{ años}}{8 \text{ años}}$$
$$V_{\text{salvamiento}} = \$1212.57$$

Con el valor obtenido se obtiene que se necesita producir \$1212.57 de forma anual para no perder dinero en costo de inversión.

Para la obtención del valor de depreciación anual se utiliza la siguiente ecuación (22)

$$D_{\text{anual}} = \frac{V_{\text{inicial}} - V_{\text{salvamiento}}}{\text{años de depreciación}} \quad (3.13)$$

Donde:

D_{anual} = Depreciación anual

V_{inicial} = Valor de costo

$V_{\text{salvamiento}}$ = Valor de salvamiento

años de depreciación = años de depreciación

$$D_{\text{anual}} = \frac{4850.30 - 1212.57}{8}$$
$$D_{\text{anual}} = 454.71$$

Con el resultado obtenido se determina que de forma anual depreciará \$454.71.

4 CONCLUSIONES DEL PROYECTO

4.1 CONCLUSIONES

- La implementación de un sistema de control de los parámetros que intervienen en un secador de cacao rectangular, se desarrolló con la finalidad de que las variables que están presentes, mantengan los estándares estipulados para el secado de cacao, haciendo que el proceso cumpla con las necesidades de los productores.
- La recolección de datos haciendo uso del microcontrolador, permite realizar un control PID, el cual debido a su sintonización permite que la temperatura se maneje en los estándares establecidos, los cuales hacen que la propiedad del cacao en el proceso de secado cumpla con las características necesarias.
- La implementación de un sistema de control de los parámetros que están inmersos en la secadora de cacao rectangular, permite tener un ahorro de GLP con respecto a las secadoras convencionales del 85%, esto hace que el consumo de energía calorífica sea eficiente.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para evitar daños en el módulo por la mala manipulación del operador se recomienda verificar el manual de operación, con la finalidad de realizar obtener un correcto funcionamiento tanto de los equipos como de elementos utilizados que conforman el sistema.
- Se recomienda que, para tener un control óptimo de temperatura y combustión de GLP, se debe implementar una válvula proporcional, la cual permitirá que la combustión sea eficiente, para que el sistema actúe de la misma forma ahorrando el combustible permitiendo el ahorro tanto económico como de energía.
- Para que el valor del peso tenga mayor exactitud se debe implementar al sistema un sumador de celdas de carga, por que al hacer la calibración de forma individual existe cierto grado de error ***poner valor de error***, mientras que al usar el dispositivo antes mencionado permite que todas las señales se junten en un solo sistema permitiendo que el grado de medición sea el más cercano a la realidad.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. P. Poveda, Diseño y simulación de un secador de granos de cacao con colectores solares planos mediante convección forzada, Sangolquí, Pichincha, Ecuador: Tesis de Ingeniería, 2006.
- [2] Borrero, F. Villamizar y J. E. Hernández, «Determinación de parámetros y simulación matemática del proceso de secado del cacao (*Theobroma cacao*)»,» *Ingeniería e investigación*, pp. 6-12, 1989.
- [3] J. Orna, «Diseño y construcción de una secadora automática para cacao a base de aire caliente tipo rotatorio para una capacidad de 500 kg,» *Enfoque UTE*, vol. 9, nº 2, pp. 159-174, 2018.
- [4] D. X. Duarte Pacheco, Á. H. Morán Pacheco y M. Quilambaqui, Valoración mecánica y rediseño de un secador de cacao en la comunidad de Banco de Arena del cantón Milagro, Guayaquil: Tesis Doctoral, 2020.
- [5] C. Novoa y H. Ricaurte, «Supervisión de plantas de beneficio y control de procesos,» *Revista Palmas*, vol. 21, pp. 366-374, 2000.
- [6] V. Brito, F. Henry y S. E. Espinoza Pazmiño, Diseño de un sistema de control de temperatura con monitoreo de peso de un secador didáctico para realizar pruebas de secado, Guayaquil: Tesis de Licenciatura, 2017.
- [7] J. Nogales, L. Graziani de Fariñas y L. Ortiz de Bertorelli, «Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera,» *Agronomía Tropical*, vol. 56, nº 1, pp. 5-20, 2006.
- [8] M. J. Gea, «MENTACTIVA,» [En línea]. Available: <https://www.mentactiva.com/manteca-de-cacao-origen-propiedades-cosmeticas-y-formulacion/>. [Último acceso: 24 Junio 2022].
- [9] K. A. Ochoa García, SECADO AL SOL, Quevedo: Tesis de Licenciatura, 2021.
- [10] M. M. Rodríguez y L. Elías, «viva el cacao Nuestra ruta es Venezuela,» 22 Septiembre 2016. [En línea]. Available: <https://vivaelcacao.com/cacao-bien-seco-es-mejor/>. [Último acceso: 14 Junio 2022].
- [11] J. W. Gavilema Orozco y C. P. Rosillo Tutiven, Implementación experimental de un secador híbrido para reducción del tiempo en el secado de cacao mejorado, Latacunga: Tesis de Licenciatura, 2021.
- [12] «cacaomovil,» Lutheran World Relief, [En línea]. Available: <https://www.cacaomovil.com/site/guide/cosecha-fermentacion-y-secado-del-cacao/42/el-secado-del-cacao>. [Último acceso: 24 Junio 2022].
- [13] G. Enríquez, «Beneficio del cacao,» de *Beneficio del cacao*, Guayaquil, INIAP, 1995, p. 7.
- [14] J. R. Nogales, «Poscosecha Cacao,» Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>. [Último acceso: 24 Junio 2022].

- [15] P. F. Maupoey, A. M. Andrés Grau, J. M. Barat Baviera y A. M. Albors Sorollo, *Introducción al Secado de Alimentos por Aire*, Valencia : Universitat Politècnica de València, 2001.
- [16] N. D. Peñaherrera González , *Estudio de métodos de fermentación y secado del cacao*, Quito: Trabajo de Titulación, 2021.
- [17] Ecirtec. [En línea]. Available: <https://es.ecirtec.com/equipamientos/secador-rotativo-sre-800-secadores-e-resfriadores-rotativos/>. [Último acceso: 24 Junio 2022].
- [18] C. A. de Dios, *Secado de granos y secadoras*, Santiago: ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION, 1996.
- [19] J. Orna, N. Chuquin, L. Saquina y O. Cueva, «Design and construction of an automatic dryer for cacao a rotating type of hot air base for a capacity of 500 kg.,» *Enfoque UTE* , vol. 9, nº 2, pp. 159-174, 2018.
- [20] D. X. Duarte Pacheco y Á. H. Morán Pacheco, *Valoración mecánica y rediseño de un secador de cacao en la comunidad de Banco Arena del cantón Milagro*, Guayaquil: Proyecto integrador, 2020.
- [21] M. D. Toroche Novillo y F. X. Villa Pulla, *Diseño de un equipo automatizado para el proceso de secado de cacao*, Cuenca: Trabajo de titulación, 2021.
- [22] C. D. Cuasquer Salazar y J. A. Villegas Marcillo, *Implementación de un control automático de temperatura para el secado de cacao en un invernadero de la Parroquia Guasaganda del cantón La Maná*, La Maná, Ecuador: Tesis de Ingeniería, 2020.
- [23] D. Fernández Valdés, «Cinética de secado de fruta bomba (Carica papaya L., cv. Maradol Roja) mediante los métodos de deshidratación osmótica y por flujo de aire caliente,» *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, vol. 24, nº 1, pp. 22-28, 2015.
- [24] M. Azúa Barrón, M. A. Vázquez Peña y R. Hernández Saucedo, «Sistema de adquisición de datos de bajo costo con la plataforma arduino,» *Revista mexicana de ciencias agrícolas,* vol. 8, nº 1, pp. 1-12, 2017.
- [25] E. Noguera, «DECU,» Digital Equipment and Communication Units, 8 Junio 2020. [En línea]. Available: <https://www.decu.com.mx/senal-digital-y-analoga-que-es/>. [Último acceso: 27 Junio 2022].
- [26] F. Miyara, *CONVERSORES D/A Y A/D*, Rosario, Argentina: Universidad Nacional de Rosario, 2004.
- [27] G. I. GUERRERO QUEZADA y P. A. ARIAS POZO, *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO DE INSTRUMENTACIÓN PARA LA CALIBRACIÓN DE LOS TERMOPARES TIPO J,K & T, Y CONTROL DE UN HORNO DE TRES ETAPAS*, Chimborazo, Ecuador: Trabajo de titulación, 2021.
- [28] A. E-230, «Códigos de color ANSI e IEC†,para termopares, cables y conectores,» [En línea]. Available: https://mx.omega.com/temperature/pdf/tc_colorcodes.pdf. [Último acceso: 2022 Junio 27].
- [29] J. L. JIMENEZ CASAVARDE y F. J. ROMERO REATEGUI, *DISEÑO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA PARA LA MADUREZ DE CONCRETO QUE CUMPLA CON LA NORMA ASTM C 1074*, Trujillo, Perú: Tesis de Grado, 2016.

- [30] V. J. MORENO VELASCO, PROPUESTA DE UN MODELO ESTADÍSTICO PARAMÉTRICO PARA LA VALIDACIÓN DE TERMÓMETROS DE RESISTENCIA PT100, Bucaramanga: Monografía para optar al título de Especialista en Control e Instrumentación Industrial, 2012.
- [31] «Gruposolintec,» SOLINTEC, [En línea]. Available: <https://www.gruposolintec.com/catalogo/de-temperatura/sensor-de-temperatura-pt100-con-cabezal-50mm>. [Último acceso: 28 Junio 2022].
- [32] J. BAUSÁ ARAGONÉS, C. GARCÍA GÓMEZ, B. ZARAGOZÍ ZARAGOZÍ, A. GIL MARTÍNEZ, D. MORENO CAMPOS y A. GALIANA LLINARES, SENSORES DE TEMPERATURA, 2003.
- [33] «primametrology,» PRIMA PROCESS METROLOGY: EXPERTOS EN CALIBRACIÓN Y MEDICIÓN, [En línea]. Available: <https://primametrology.com/producto/pirometros-de-radiacion-de-1-color-metis-m323/>. [Último acceso: 28 Junio 2022].
- [34] I. Ashby, Sensores para estudio de mecánica ventilatoria, Montevideo, Uruguay: Monografía vinculada a la conferencia del Prof. Dr. Walter Zin , 2006.
- [35] H. M. Torres Salamea y M. L. Paida Puente, Análisis de los sensores MAP y MAF en un motor a gasolina, Cuenca, Ecuador: Trabajo de Titulación, 2007.
- [36] «pruebaderuta,» Prueba de ruta, [En línea]. Available: <https://www.pruebaderuta.com/que-es-el-caudalimetro-o-sensor-maf.php>. [Último acceso: 28 Junio 2022].
- [37] L. d. M. d. Fluidos, CAUDALÍMETROS Y TUBO DE PITOT, Navarra.
- [38] F. Valdés y A. Ramón Pallás, Microcontroladores fundamentos y aplicaciones con PIC, Marcombo, 2007.
- [39] I. Worldwide, «Importadora Worldwide,» [En línea]. Available: <https://importadoraworldwide.com/producto/sensor-maf-mazda-3-5-6-allegro-1-6-5-pines/>. [Último acceso: 07 31 2022].
- [40] B. Bellini, Sensores de presión utilizados en las plataformas de fuerza aplicadas al estudio de postgrafía, Montevideo: Monografía, 2009.
- [41] Aliexpress, «Aliexpress,» [En línea]. Available: <https://es.aliexpress.com/i/2255799880407073.html?gatewayAdapt=4itemAdapt>. [Último acceso: 31 Julio 2022].

ANEXOS

ANEXO 1	ANALISIS PLAGIO	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
---------	-----------------	--



Document Information

Analyzed document	2022_08_30_Tesis_Zapata_Nuñez.docx (D143410433)
Submitted	8/30/2022 10:29:00 PM
Submitted by	
Submitter email	byron.corrales@utc.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	byron.corrales.utc@analysis.orkund.com

Sources included in the report

SA	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI / sec_tesis.docx	
	Document sec_tesis.docx (D142275686)	
	Submitted by: carlos.quinatoa7864@utc.edu.ec	 4
	Receiver: carlos.quinatoa7864.utc@analysis.orkund.com	

Entire Document

ANEXO2	RTD	
--------	-----	---



Elementos Pt 100	
Tipo de sensor	Pt 100
Construcción	Película delgada
Rango de Temperatura	-50°C a 550°C
Punto de resistencia	100 Ω
Intervalo de fundamental	
(0° a 100°C)	38.5 Ω (nominal)
Autocalentamiento	<005 °C/ mW
Respuesta	0.1s
Estabilidad	±0.05%
Dimensiones y clase de tolerancia	2 x 5.0mm, 2 x 10mm, 2 x 2.3mm, 1.2 x 4.0mm & 1.2 x 1.6mm 1.6 x 3.2mm (rango de montaje en superficie-50°C a +150°C)



Datos técnicos

Entrada

Modelos T24.10.1Px, T24.10.2Px	Pt100 según DIN EN 60751, 2 hilos, 3 hilos
Rango de medida máx.	T24.10.1Px: -150 ... +850 °C T24.10.2Px: -200 ... +850 °C
Span de medida	T24.10.1Px: mínimo 20 K T24.10.2Px: mínimo 50 K
Valor inicial del rango de medida, configurable	T24.10.1Px: -150 ... +150 °C T24.10.2Px: -200 ... +200 °C
Final del rango de medida, configurable	En función del valor inicial del rango de medida, véase diagrama en página 4
Configuración básica	3 hilos 0 ... 150 °C
Corriente de medición	aprox. 0,5 mA
Cable de conexión Influencia resistencia máx. admisible	± 0,2 K / 10 Ω por hilo ¹⁾ 30 Ω por conductor, con 3 hilos, simétrico

1) Para el conexionado de 3 hilos, en caso de conexionado de 2 hilos puede compensarse una resistencia total de hasta 20 Ω, en caso contrario se calcula la resistencia del cable como error.

Salida analógica

Salida analógica, configurable	linealidad según IEC 60751 4 ... 20 mA, técnica de 2 hilos
Error de medición según DIN EN 60770, 23 °C ±5 K	± 0,2 % ²⁾
Linealización	Linealización de temperatura según DIN EN 60751
Error de linealización	± 0,1 % ³⁾
Coefficiente de temperatura T _K Punto cero	± 0,1 % / 10 K T _a ó ⁴⁾ ± 0,15 K / 10 K T _a
Span	± 0,15 % / 10 K T _a
Tiempo de subida t ₉₀	< 1 ms
Retardo de conexión, eléctrico	< 10 ms
Señalización	Rotura de la sonda configurable: ■ NAMUR límite inferior < 3,6 mA (típico 3 mA) ■ NAMUR límite superior > 21,0 mA (típico 23 mA)
	Cortocircuito de la sonda no configurable, en general ■ NAMUR límite inferior < 3,6 mA (típico 3 mA) ⁵⁾
Carga RA	R _A ≤ (U _B - 10 V) / 0,022 A con R _A en Ω y U _B en V
Influencia de la carga	± 0,05 % / 100 Ω
Influencia de la alimentación auxiliar	± 0,025 % / V

2) Para span menor que 50 K, añadido 0,1 K, para span mayor que 550 K, añadido 0,1 %

3) ±0,2 % en caso de valor inicial del rango de medida menor que 0 °C o span mayor que 800 K

4) Rige el valor superior; dentro del rango de la temperatura ambiental -40 °C ≤ T_a ≤ +85 °C, en caso de la temperatura ambiental ampliada fuera del rango estándar vale el doble del valor

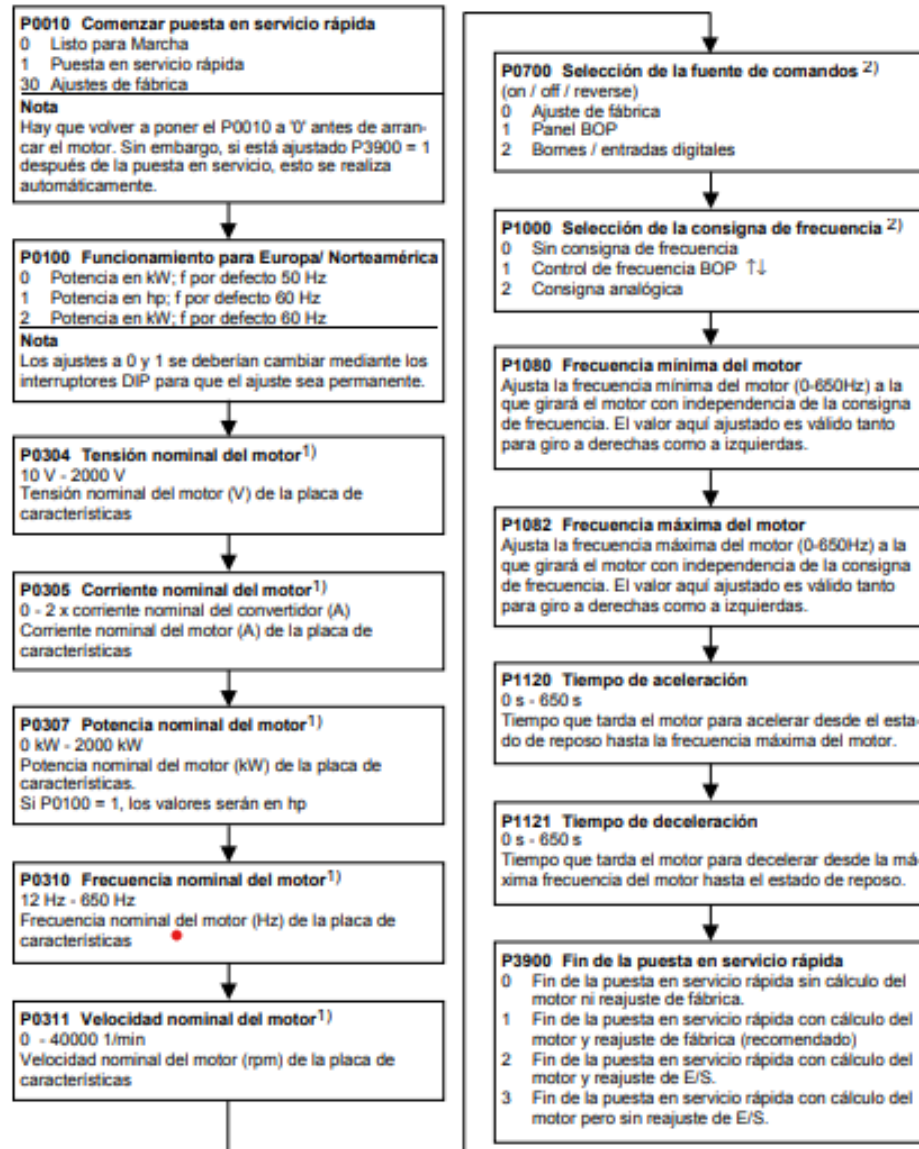
5) Valor de medición de temperatura en caso de cortocircuito entre los hilos n° 2 y n° 3 (función del sensor con conexionado de 2 hilos)

Las indicaciones en % se refieren al span

T_a Temperatura ambiental

U_B Tensión del bucle de alimentación, véase energía auxiliar

Organigrama de mise en service rapide (Sólo nivel 1)



1) Parámetros relativos al motor – consúltese la placa de características del motor.

2) Parámetros que contienen listas más detalladas de posibles ajustes para uso en aplicaciones específicas. Consúltese Manual de referencia e Instrucciones de uso en el CD

3.1 Diagrama de bloques

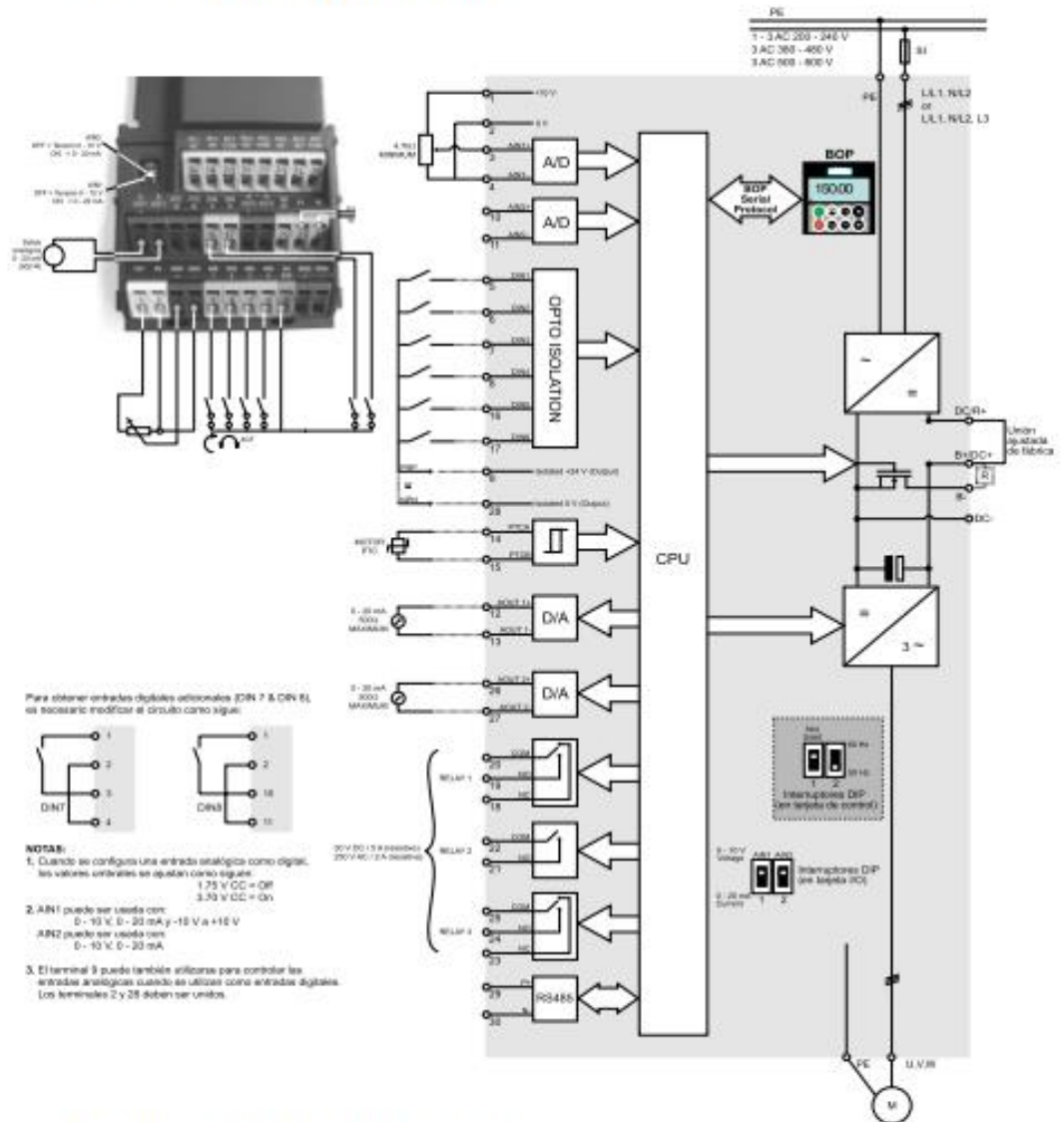


Figura 3-1 Diagrama de bloques del convertidor

Hot-film air-mass meter, Type HFM 5

Measurement of air-mass throughflow up to 1000 kg/h



- Compact design.
- Low weight.
- Rapid response.
- Low power input.
- Return-flow detection.



Application

In order to comply with the vehicle emission limits demanded by law, it is necessary to maintain a given air/fuel ratio exactly.

This requires sensors which precisely register the actual air-mass flow and output a corresponding electrical signal to the open and closed-loop control electronics.

Design

The micromechanical sensor element is located in the plug-in sensor's flow passage. This plug-in sensor is suitable for incorporating in the air filter or, using a measurement venturi, in the air-intake passages. There are different sizes of measurement venturi available depending upon the air throughflow. The micromechanical measuring system uses a hybrid circuit, and by evaluating the measuring data is able to detect when return flow takes place during air-flow pulsation.

Operating principle

The heated sensor element in the air-mass meter dissipates heat to the incoming air. The higher the air flow, the more heat is dissipated. The resulting temperature differential is a measure for the air mass flowing past the sensor.

An electronic hybrid circuit evaluates this measuring data so that the air-flow quantity can be measured precisely, and its direction of flow.

Only part of the air-mass flow is registered by the sensor element. The total air mass flowing through the measuring tube is determined by means of calibration, known as the characteristic-curve definition.

Technical data / range

Nominal supply voltage U_N	14 V
Supply-voltage range U_V	8...17 V
Output voltage U_A	0...5 V
Input current I_V	< 0.1 A
Permissible vibration acceleration	≤ 150 ms ⁻²
Time constant $\tau_{0.1}$ ¹⁾	≤ 15 ms
Time constant τ_A ²⁾	≤ 30 ms
Temperature range	-40...+120 °C ³⁾

Part number	0 280 217 123	0 280 218 019	0 280 217 531	0 280 218 008	0 281 002 421
Measuring range Q_m	8...370 kg/h	10...480 kg/h	12...640 kg/h	12...850 kg/h	15...1000 kg/h
Accuracy ⁴⁾	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%	≤ 3%
Fitting length L_F	22 mm	22 mm	22 mm	16 mm	22 mm
Fitting length L_A	20 mm	20 mm	20 mm	16 mm	20 mm
Installation length L	96 mm	96 mm	130 mm	100 mm	130 mm
Connection diam. D	60 mm	70 mm	80 mm	86/84 mm ⁵⁾	92 mm
Venturi ID	50 mm	62 mm	71 mm	78 mm	82 mm
Pressure drop at nominal air mass ⁶⁾	< 20 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa	< 15 hPa
Temperature sensor	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Version	1	2	3	4	5

¹⁾ In case of sudden increase of the air-mass flow from 10 kg · h⁻¹ auf 0,7 $Q_{m, nominal}$, time required to reach 63% of the final value of the air-mass signal.

²⁾ Period of time in case of a throughflow jump of the air mass | $\Delta m/m$ | ≤ 5%.

³⁾ For a short period up to +130 °C.

⁴⁾ $\Delta Q_m / Q_m$: The measurement deviation ΔQ_m from the exact value, referred to the measured value Q_m .

⁵⁾ Measured between input and output

⁶⁾ Inflow/outflow end

Accessories for connector

Plug housing	Contact pins	Individual gaskets	For conductor cross-section
1 928 403 836	1 987 280 103	1 987 280 106	0.5...1 mm ²
	1 987 280 105	1 987 280 107	1.5...2.5 mm ²

Note: Each 5-pole plug requires 1 plug housing, 5 contact pins, and 5 individual gaskets. For automotive applications, original AMP crimping tools must be used.

Application

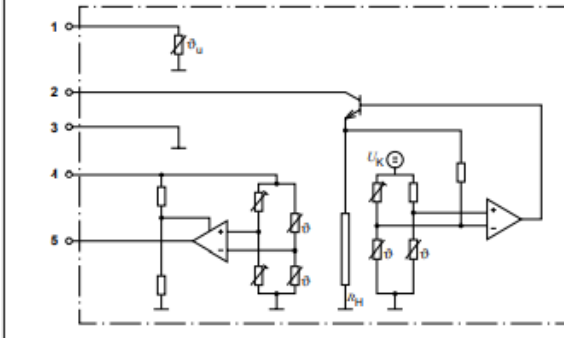
In internal-combustion engines, this sensor is used for measuring the air-mass flow so that the injected fuel quantity can be adapted to the presently required power, to the air pressure, and to the air temperature.

Explanation of symbols

Q_m	Air-mass flow rate
ΔQ_m	Absolute accuracy
$\Delta Q_m / Q_m$	Relative accuracy
τ_A	Time until measuring error is ≤ 5%
$\tau_{0.1}$	Time until measured-value change 63%

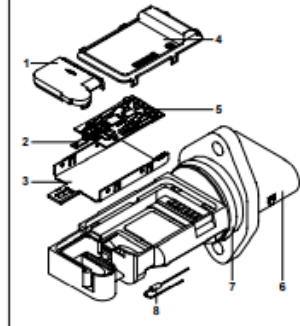
Function diagram with connector-pin assignment.

- 1 Additional temperature sensor ϑ_a (not on version 4, Part number 0 280 218 008),
- 2 Supply voltage U_V , 3 Signal ground, 4 Reference voltage 5 V, 5 Measurement signal U_A ,
- ϑ Temperature-dependence of the resistor, R_H Heater resistor, U_K Constant voltage



HFM 5 plug-in sensor design.

- 1 Measuring-passage cover, 2 Sensor,
- 3 Mounting plate, 4 Hybrid-circuit cover,
- 5 Hybrid, 6 Plug-in sensor, 7 O-ring,
- 8 Auxiliary temperature sensor.



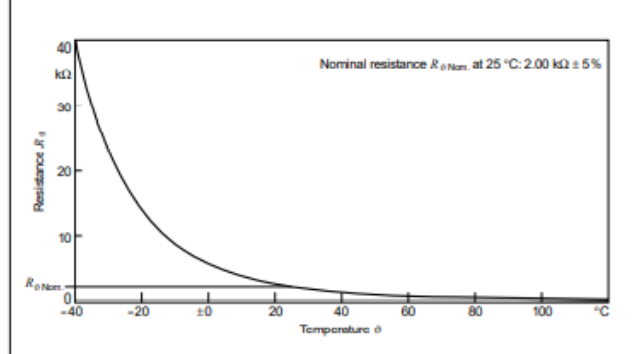
Output voltage $U_A = f(Q_m)$ of the air-mass meter

Part number	0 280 217 123	0 280 218 019	0 280 217 531	0 280 218 008	0 280 002 421
Characteristic curve	1	2	3	4	5
Q_m /kg/h	U_A /V	U_A /V	U_A /V	U_A /V	U_A /V
8	1.4837	1.2390	-	-	-
10	1.5819	1.3644	1.2695	-	-
15	1.7898	1.5241	1.4060	1.3395	1.2315
30	2.2739	1.8748	1.7100	1.6251	1.4758
60	2.8868	2.3710	2.1563	2.0109	1.8310
120	3.6255	2.9998	2.7522	2.5564	2.3074
250	4.4727	3.7494	3.5070	3.2055	2.9212
370	4.9406	4.1695	3.9393	3.6717	3.2874
480	-	4.4578	4.2349	3.9490	3.5461
640	-	-	4.5669	4.2600	3.8432
850	-	-	-	4.5727	4.1499
1000	-	-	-	-	4.3312

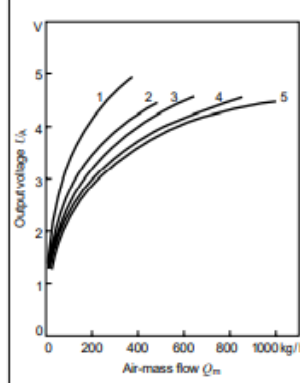
Temperature-dependence $R_A = f(\vartheta)$ of the temperature sensor

Temperature ϑ °C	-40	-30	-20	-10	± 0	10	20	30	40
Resistance R_A k Ω	39.26	22.96	13.85	8.609	5.499	3.604	2.420	1.662	1.166
Temperature ϑ °C	50	60	70	80	90	100	110	120	130
Resistance R_A Ω	650	608	452	340	261	202	159	127	102

Temperature-resistance diagram of the temperature sensor.

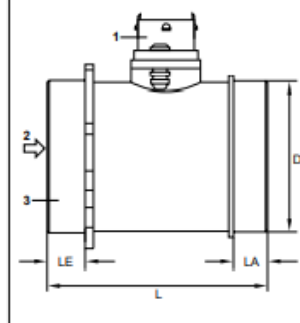


Air mass meter output voltage.



Dimensions overview of the HFM 5.

- 1 Plug-in sensor, 2 Throughflow direction,
- 3 Measurement venturi.



PRODUCT INFORMATION

Pushton Electronic Equipment Co.,LTD.



Model: PSD-S1

Brand: Pushton

Name: S Type Load Cell

Material: Alloy Steel,Sturdy and Durable

Capacity: 50kg/100kg/200kg/300kg/500kg
/1000kg/2000kg

Application: Coal mine,sand plant,hopper scale

Operating Temperature: -30~+65°C

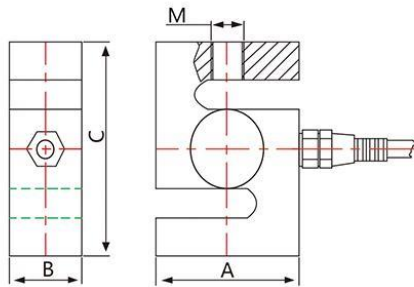
Input Resistance: 350±10Ω

Output Resistance: 350±2Ω

Environmental Protection: IP67

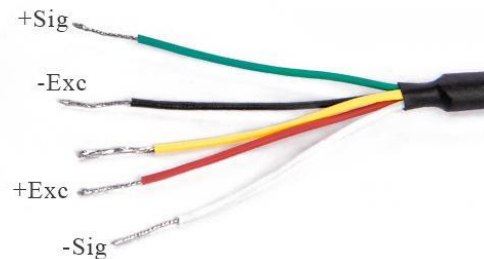
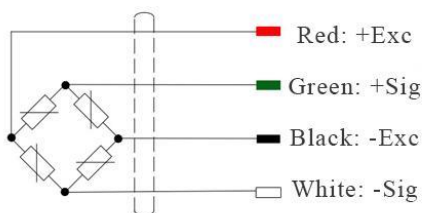
MAIN DIMENSIONS AND APPEARANCE

Pushton Electronic Equipment Co.,LTD.




Capacity	Size mm				Weight (kg)
	A	B	C	M	
0.05-0.3t	50.8	19	76.2	M12X1.75	0.6
0.5 t	50.8	25.4	76.2	M12X1.75	0.6
1-2t	50.8	25.4	76.2	M16X2	0.6
3-5t	76.2	25.4	108	M18X1.5	1.3
10t	127	50	178	M30X2	8.9
(20-30 t)	160	60	190	M39X2	15

Wiring Method:



Yellow Wire: Shielded Cable

ANEXO 7	TRANSMISOR DE CELDA DE CARGA	
----------------	-------------------------------------	---




Indicadores Técnicos	
Tensión de alimentación	12-30 VDG
Frecuencia de muestreo	≥ 100 KHz
Señal de entrada	0.5 – 4 mV/V
Precisión integral	0.05%
Temperatura de funcionamiento	-30 °C 80°C
Señal de salida	0 ± 5 V / 0 ± 10 V 0-20 mA



Junta	Nombre	Arduino® Mega 2560 Rev3
	SKU	A000067
microcontrolador	ATmega2560	
conector USB	USB-B	
Patas	Pin LED incorporado	13
	Pines de E/S digitales	54
	Pines de entrada analógica	Dieciséis
	pinos PWM	15
Comunicación	UART	si, 4
	I2C	Sí
	SPI	Sí
Energía	Voltaje de E/S	5V
	Voltaje de entrada (nominal)	7-12V
	Corriente CC por pin de E/S	20Ma
	Batería compatible	batería de 9V
	Conector de fuente de alimentación	Tapón de barril
Velocidad de reloj	Procesador principal	ATmega2560 16 MHz
	Procesador serie USB	ATmega16U2 16 MHz

Memoria	ATmega2560	8KB SRAM, 256KB FLASH, 4KB EEPROM
Dimensiones	Peso	37 gramos
	Ancho	53,3 mm
	Longitud	101,5 mm

ANEXO 9	PANTALLA NEXTION	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
----------------	-------------------------	--



Datos	Descripción	
Color	64K 65536 colores	16 bits 565, 5R-6G-5B
Tamaño del diseño	181 (largo) × 108 (ancho) × 7,3 (alto)	NX8048T070_011N
	181 (largo) × 108 (ancho) × 9 (alto)	NX8048T070_011R
Área Activa (AA)	164,9 mm (largo) × 100 mm (ancho)	
Área visual (VA)	154,08 mm (largo) × 85,92 mm (ancho)	
Resolución	800×480 píxeles	También se puede configurar como 480 × 800
Tipo de toque	Resistador	
toques	> 1 millón	
Iluminar desde el fondo	DIRIGIÓ	
Vida útil de la retroiluminación (promedio)	>30,000 Horas	
Brillo	250nit (NX8048T070_011N)	0% a 100%, el intervalo de ajuste es 1%
	230 nits (NX8048T070_011R)	0% a 100%, el intervalo de ajuste es 1%
Peso	216 g (NX8048T070_011N)	
	268 g (NX8048T070_011R)	

Características Electrónicas

	Condiciones de la prueba	mínimo	Típico	máx.	Unidad
Tensión de funcionamiento		4.75	5	7	V
Corriente de funcionamiento	VCC = + 5V, el brillo es 100%	–	510	–	mamá
	Modo de sueño	–	15	–	mamá
Fuente de alimentación recomendada: 5V, 2A, DC					

Ambiente de trabajo y parámetro de confiabilidad

	Condiciones de la prueba	mínimo	Típico	máx.	Unidad
Temperatura de trabajo	5V, Humedad 60%	-20	25	70	°C
Temperatura de almacenamiento		-30	25	85	°C
Humedad de trabajo	25°C	10%	60%	90%	RH

Rendimiento de las interfaces

	Condiciones de la prueba	mínimo	Típico	máx.	Unidad
Velocidad de transmisión del puerto serie	Estándar	2400	9600	115200	bps
Salida de alto voltaje	IOH=-1mA	3.0	3.2		V
Salida de bajo voltaje	LIO=1mA		0.1	0.2	V
Entrada de alto voltaje		2.0	3.3	5.0	V
Bajo voltaje de entrada		-0.7	0.0	1.3	V
Modo de puerto serie	TTL				
Puerto serial	4 pines_2,54 mm				

interfaz USB	NO
Toma de tarjeta SD	Sí (formato FAT32), admite una tarjeta Micro SD máxima de 32G * El zócalo de la tarjeta microSD se usa exclusivamente para actualizar el firmware de Nextion/diseño HMI

Características de la memoria

Tipo de memoria	Condiciones de la prueba	mínimo	Típico	máx.	Unidad
Memoria flash	Almacenar fuentes e imágenes			dieciséis	MEGABYTE
Memoria RAM	Almacenar variables			3584	BYTE

ANEXO 10	CÁMARA TÉRMICA	 UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
-----------------	-----------------------	--



Modelo	PK-80
Resolución	80x80
Sensibilidad Térmica (N.E.T.D)	≤0.10°C@30°C
Resolución Espacial	4.6 mrad
Campo de Visión	21°x 21°/0,5m
Mecanismo de Enfoque	Ajuste Automático
Presentación de la Imagen	
Modo Imagen	IR/CCD
Píxeles Visibles	Alta Definición CCD, 8 Milliones de Píxeles
Pantalla LCD	Pantalla Capacitiva Táctil 5.5"
Formato de Archivos	.JPG
Medición	
Rango de Temperatura	-20°C ~ +150°C, (150°C ~ 350°C · opcional)
Precisión	De las lecturas ±2°C, ±2%
Modos de Medición	3 spots móviles, captura automática de puntos máximos frío y caliente, análisis isotérmico, área de análisis circular, área de análisis rectangular.
Interfaces	
Capacidad de Batería	4,000 MAH
Duración de la Batería	Hasta 5 Horas
Características de Protección	
Protección	IP 54
Resistencia a Choque/Vibración	25G/2G
Resistencia a caída	Si
Temperatura de Operación	-10°C + 50°C
Características Adicionales	
Wi-Fi	Si
Bluetooth	Si
GPS	Si
Memoria incorporada	Si
Características Físicas	
Peso	415 gr
Dimensiones	174x102x36 mm

ANEXO 11

PROGRAMACIÓN DE VARIADOR
DE FRECUENCIA

UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

Programación de Variador de Frecuencia en función de los datos del Motor

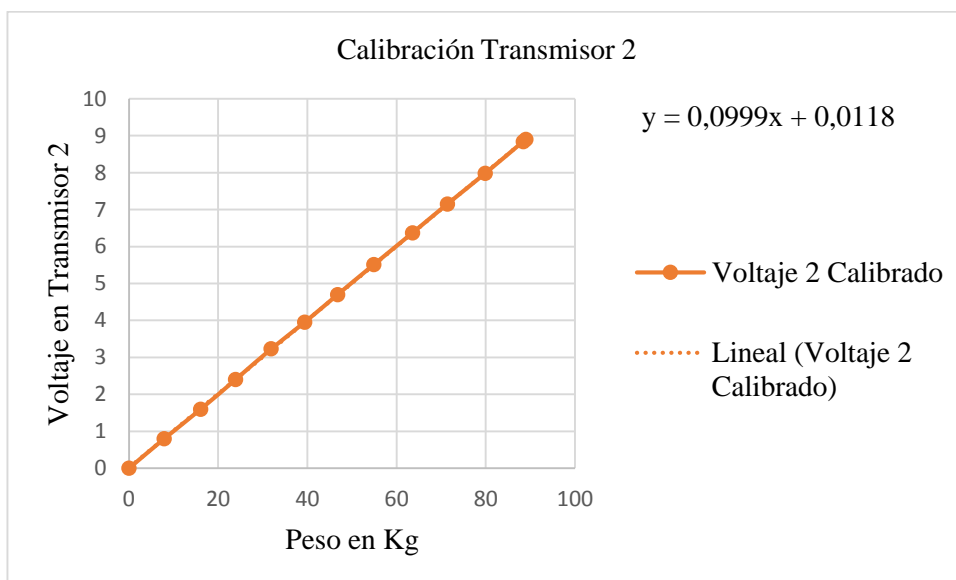
Código	Definición	Opción	Dato Ingresado
P0010	Comenzar puesta en servicio	1	N/A
P0100	Funcionamiento en Hz	1	60 Hz
P0304	Tensión nominal del motor	1	440
P0305	Corriente nominal del motor	1	3.5 A
P0307	Potencia nominal del motor	1	1540 W
P0310	Frecuencia nominal del motor	1	60 Hz
P0311	Velocidad nominal del motor	1	1645 rpm
P0700	Selección de la fuente de comandos	2	N/A
P1000	Selección de la consigna de frecuencia	1	N/A
P1080	Frecuencia mínima del motor	1	0
P1082	Frecuencia máxima del motor	1	120 Hz
P1120	Tiempo de aceleración	1	5 s
P1121	Tiempo de desaceleración	1	5 s
P3900	Fin de la puesta en servicio	2	N/A

ANEXO 12

**DATOS DE LOS
SENSORES DE PESO**

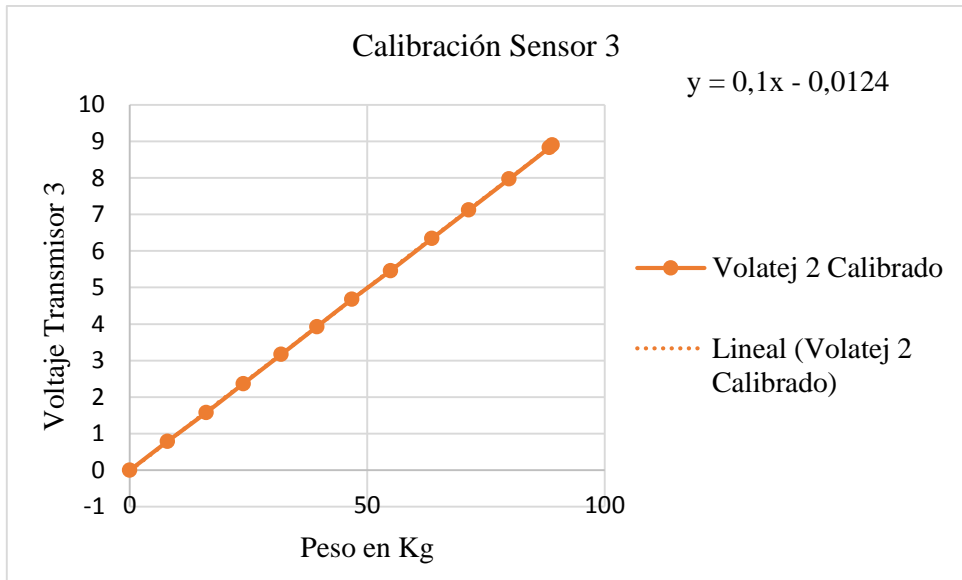


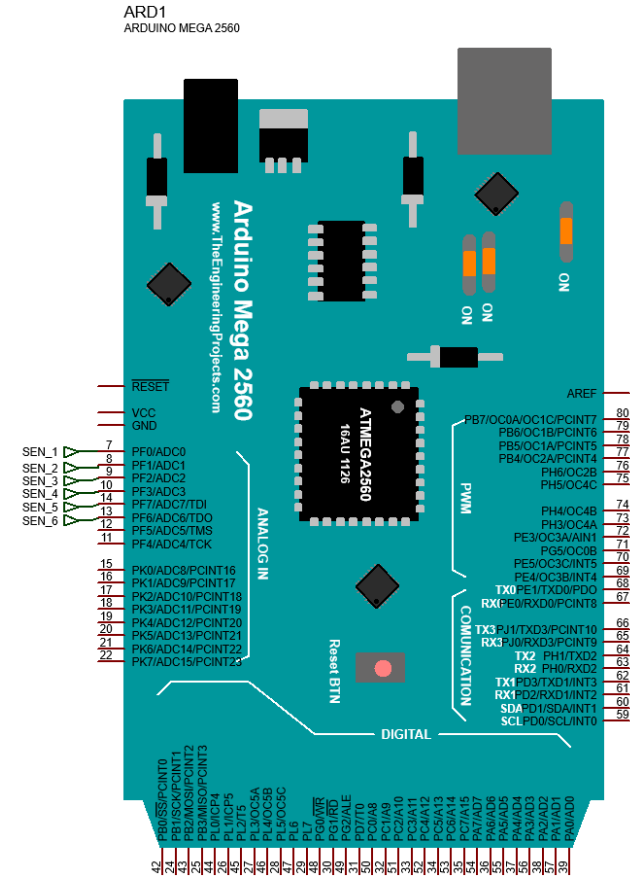
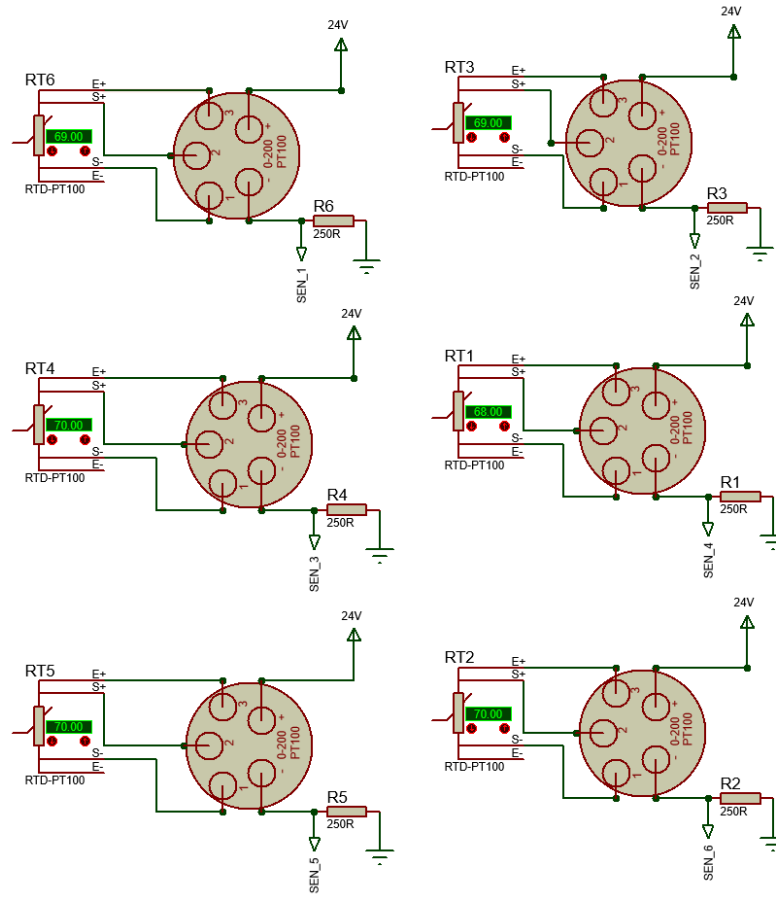
SENSOR 2			
N°	Peso en Kg	Voltaje 1 Sin calibrar	Voltaje 2 Calibrado
1	0	0	0
2	7,9	0,65	0,8
3	16,1	1,34	1,6
4	23,9	1,99	2,4
5	31,9	2,63	3,23
6	39,4	3,25	3,95
7	46,8	3,87	4,7
8	54,9	4,56	5,51
9	63,6	5,28	6,37
10	71,4	5,92	7,15
11	79,9	6,64	7,98
12	88,4	7,34	8,84
13	89	7,38	8,9



SENSOR 3			
N°	Peso en Kg	Voltaje 1 Sin calibrar	Voltaje 2 Calibrado
1	0	0	0
2	7,9	0,63	0,79
3	16,1	1,28	1,58
4	23,9	1,89	2,37
5	31,9	2,53	3,17
6	39,4	3,12	3,93
7	46,8	3,69	4,68
8	54,9	4,33	5,46

9	63,6	5,01	6,34
10	71,4	5,62	7,12
11	79,9	6,31	7,97
12	88,4	6,99	8,83
13	89	7,04	8,9





ANEXO 14

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE CELDAS DE CARGA

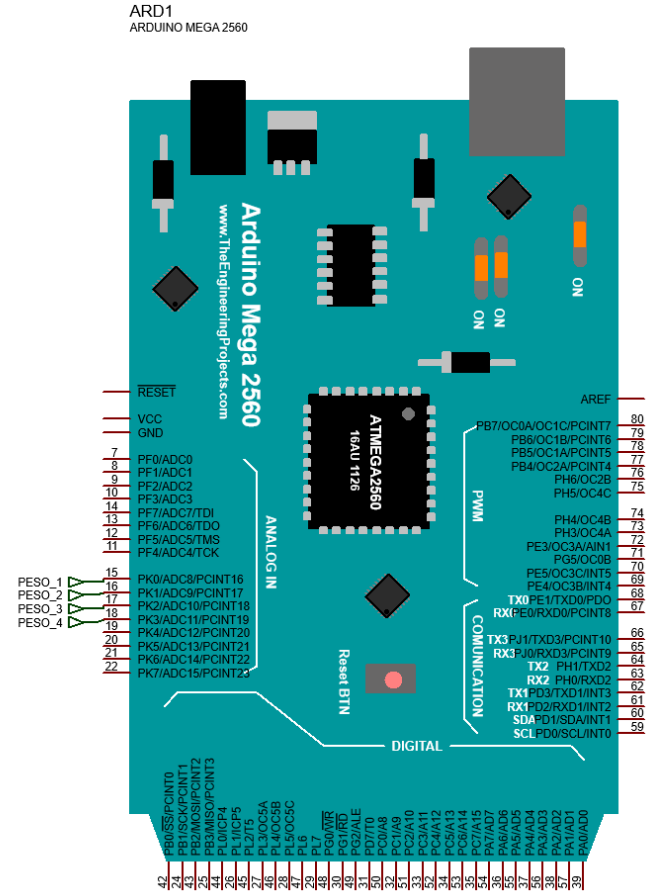
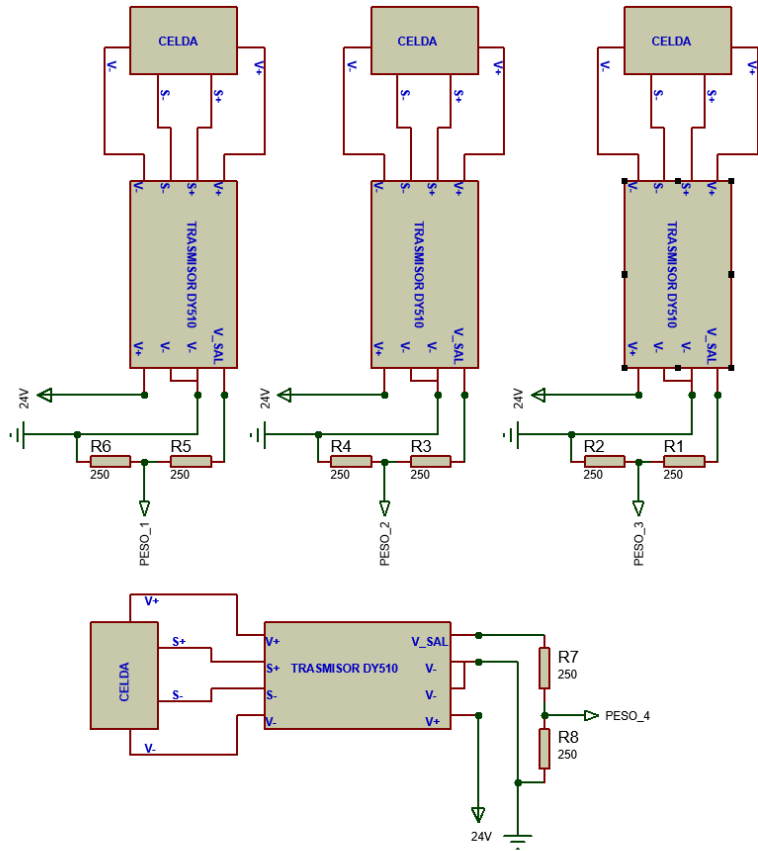
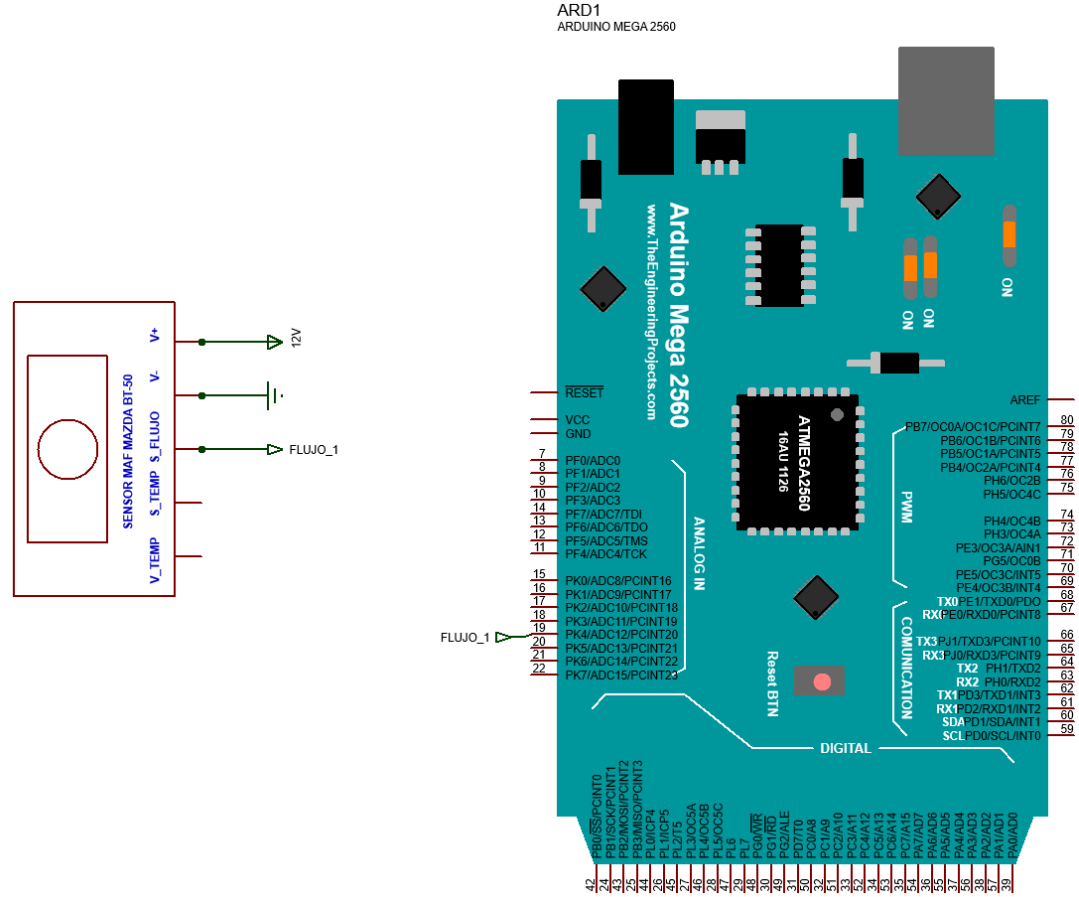


DIAGRAMA DE CONEXION DE SENSOR MAF



ANEXO 16

DIAGRAMA DE CONEXIÓN DE ARDUINO AL VARIADOR

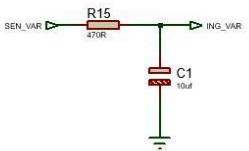
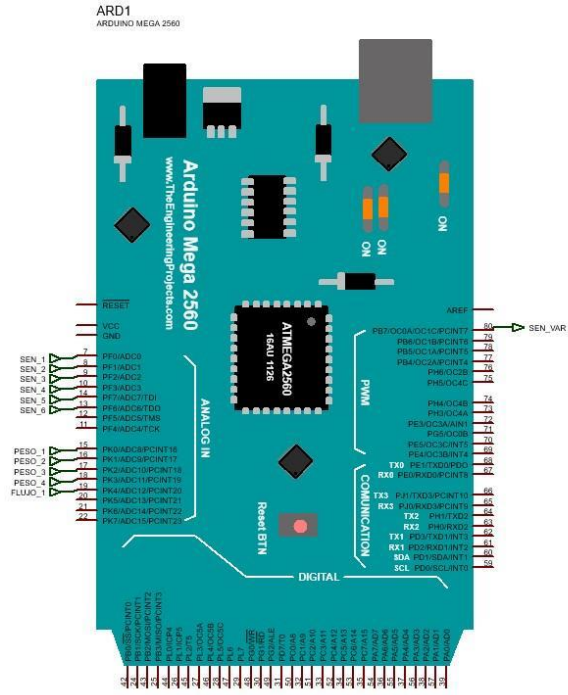
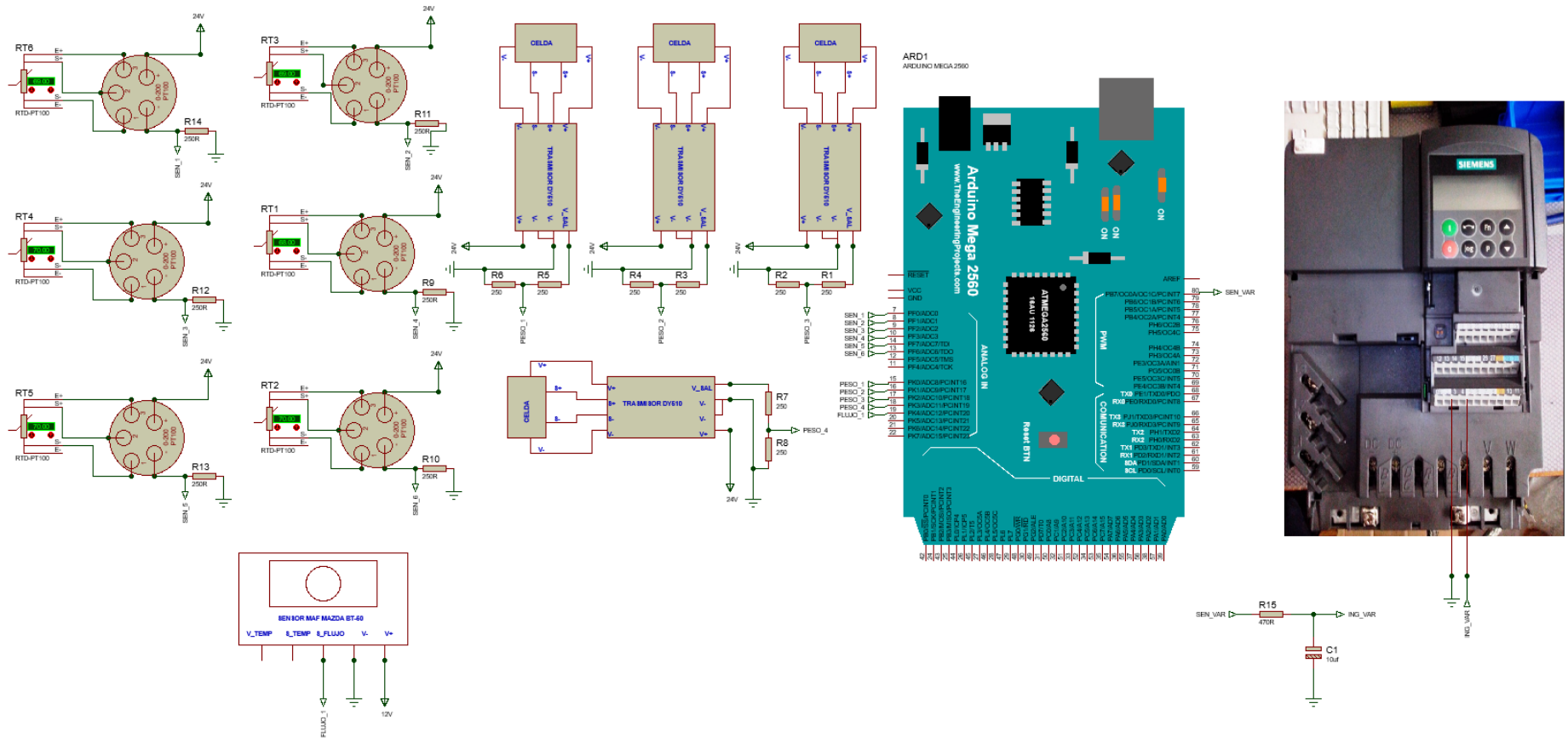




DIAGRAMA TOTAL DE CONEXIÓN






Sistema de Control de Temperatura y Adquisición de Datos



Ingeniería
Electromecánica

PUERTO DE CONECCION
1/6



SET POINT
0

FLUJO DE AIRE
0

TEMPERATURA
0

PESO
0

Datos
0

LECTURAS DE LLEGADA


RUTA ALMACENAMIENTO

FECHA - HORA

TIEMPO ADQUISICIÓN [s]
1

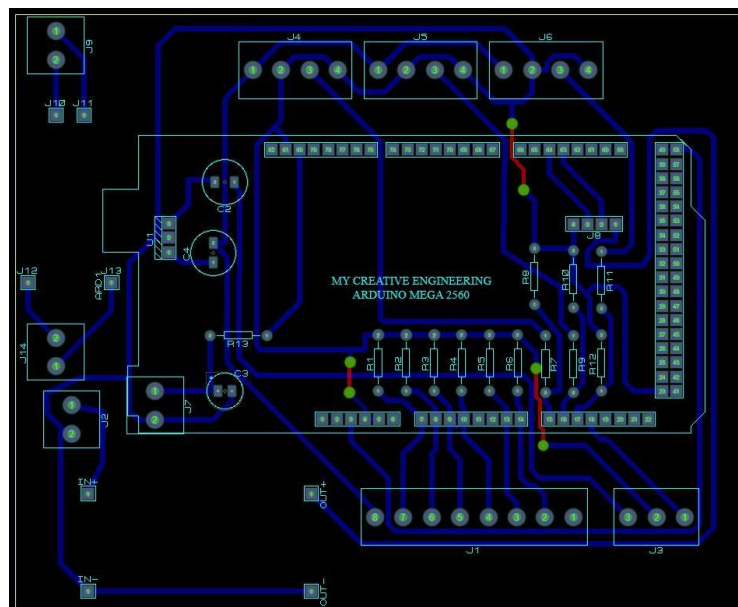
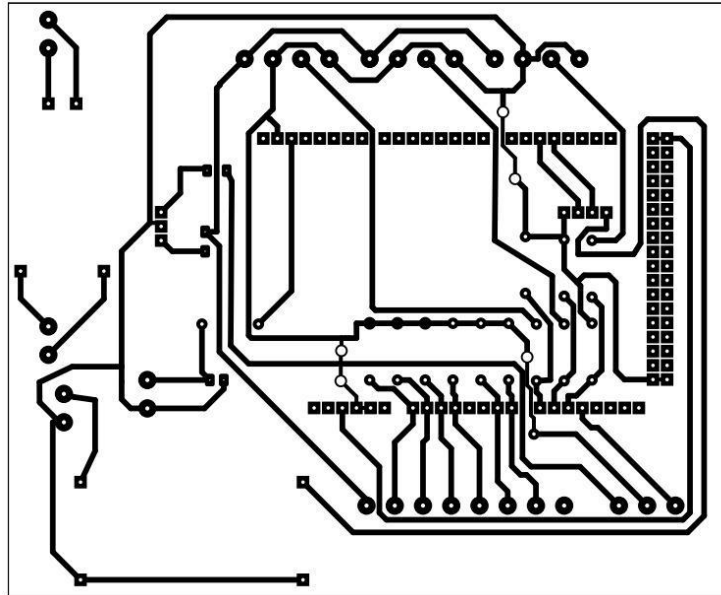
FORMATO
Excel


STOP



PV SP

CV



ANEXO 20	MANUAL DE FUNCIONALIDAD Y MANTENIMIENTO	
-----------------	--	---

MANUAL DE FUNCIONALIDAD Y MANTENIMIENTO

IMPLEMENTACIÓN A ESCALA EXPERIMENTAL DE UN SECADOR DE CACAO RECTANGULAR PARA LA REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE SECADO

MANUAL DE USO Y MANTENIMIENTO

La máquina experimental de secado de cacao rectangular ha sido construida para tener una fácil manipulación por parte del usuario y un correcto funcionamiento del sistema.

IMPORTANTE

Antes de encender y poner en marcha esta máquina es de vital importancia estudiar la guía de funcionamiento, ya que de eso dependerá la buena ejecución del aparato y garantizará reducir al mínimo los riesgos de equivocaciones que afecten la continuidad de la máquina.

RESUMEN

En esta parte del proyecto se refiere sobre cómo dar un buen funcionamiento a la máquina experimental de secado de cacao rectangular, la cual beneficiará con la reducción del tiempo de secado, de igual manera el operario tendrá una guía de todos los parámetros del sistema, que le permitirá usar a la máquina de una manera muy sencilla y con un correcto funcionamiento, de la misma manera podrá saber qué hacer si llegase a fallar algún componente de la máquina, garantizándole una reducción de tiempo en su mantenimiento.

1. INTRODUCCIÓN

El manual de uso y mantenimiento de la secadora de cacao rectangular, permitirá la optimización del funcionamiento y garantizará que la máquina tenga un trabajo continuo y sin contratiempos en su manejo.

1.1 Planteamiento del problema

La zona de mantenimiento industrial es muy importante para la Ingeniería Electromecánica, debido a que las máquinas tienen una vida útil que con el paso del tiempo se va acabando y

mucho más cuando no se le da su respectivo mantenimiento lo que provoca fallas y contratiempos por paros indeseados ocasionados por el mal uso a la máquina. La importancia de planificar un mantenimiento en los equipos es de vital importancia en las máquinas el cual nos garantizará un óptimo funcionamiento y una vida larga a los aparatos, generando un trabajo continuo y sin contratiempos.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Preparar un plan de mantenimiento preventivo de una secadora de cacao rectangular, para brindar un buen funcionamiento a la máquina, mediante un instructivo que guiará al operador.

2.2 Objetivos específicos

Determinar los componentes de la máquina para describirlos con cada una de sus funciones.

Desarrollar una guía que permita al usuario una fácil manipulación de la máquina para que no exista ningún contratiempo en el manejo del aparato.

3. INFORMACIÓN DE SEGURIDAD

Esta guía contiene datos específicos acerca del uso y mantenimiento del aparato, lo cual permitirá al operario prevenir contratiempos inesperados en la máquina.

3.1. Descripción de la máquina

El secador de cacao rectangular tiene aislante de lana de roca que esta recubierto por acero inoxidable 304, el cual permitirá retener el flujo de calor transmitido, consta de una malla de acero inoxidable 304, el cual va a contener la avellana de cacao permitiendo que por los orificios salga el aire caliente y este seque el producto, el aire caliente ingresará por un ducto el cual distribuirá el flujo de calor generando una homogeneidad en toda la cámara de secado, garantizando así un correcto secado, el ducto tendrá una temperatura constante de 70°C hasta llegar a la humedad deseada que será del 7%, el tiempo dependerá de la cantidad de masa de cacao que se ingrese a la cámara de secado.

La cámara de secado puede variar su altura de 2cm como mínimo y 10cm como máximo, la altura idónea es de 6cm para una mejor distribución de flujo, la máquina tiene un soplador de aire el cual mediante un variador permitirá controlar el flujo másico que ayudará a impulsar a la llama de un sistema de quemador, el cual trabaja a su totalidad, en este sistema está

controlado por electroválvulas que permitirá el paso o corte de flujo de gas mediante un pulsador, para el chispero se integra un sistema de calefón en el cual mediante unas pequeñas bujías harán el chispazo provocando la combustión con el contacto de gas y aire, generando la llama, para el sistema de quemador usamos GLP el cual tiene una gran combustión este permite alcanzar el calor que se requiere.

Para la remoción de cacao se lo hace de forma manual mediante un removedor de madera, el proceso de remoción de la pepa de cacao es muy importante debido a que si no se remueve a la pepa de cacao se quemar algunos granos dañando su calidad, por tal razón es muy fundamental la remoción, esta actividad permite que los granos se sequen de una manera uniforme y homogénea, una vez finalizado el proceso de secado se procede a abrir la puerta y retirar los granos de cacao para su almacenamiento.

3.2. Funcionamiento de la máquina

La máquina tiene con un tablero de control donde mediante pulsadores se puede controlar al soplador y al sistema de quemador, como primer punto se debe encender el soplador, luego el sistema de quemador que permitirá el paso del gas (GLP) y mediante otro pulsador se realizara el chispazo para el encendido de la llama, el tablero a la vez contiene una pantalla LCD la cual permitirá visualizar el flujo masico, la frecuencia a la que está trabajando el variador, todas los pulsadores están señalados con sus respectivos nombres y a la vez contiene sus correspondientes luces piloto para el encendido (verde) y en caso de suceder algún imprevisto tiene el paro de emergencia (rojo), provocando el paro en todo el sistema.

3.3 Modo de operar la máquina

3.3.1 Encendido de la máquina, variador, soplador, sistema de quemador.

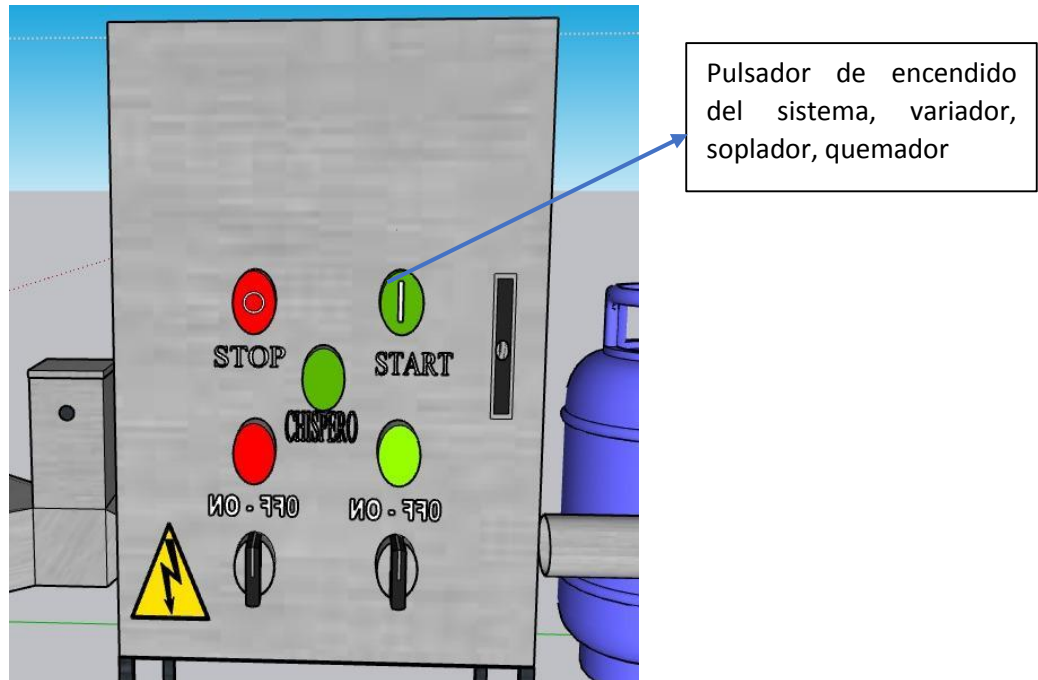


Fig1. Pulsador de encendido de la máquina, variador, soplador, sistema de quemador.

El encendido de la máquina es mediante un pulsar el cual permite la activación del sistema, el cual consta de del variador, soplador y el sistema de quemador.

3.3.2 Arranque del soplador y el variador.

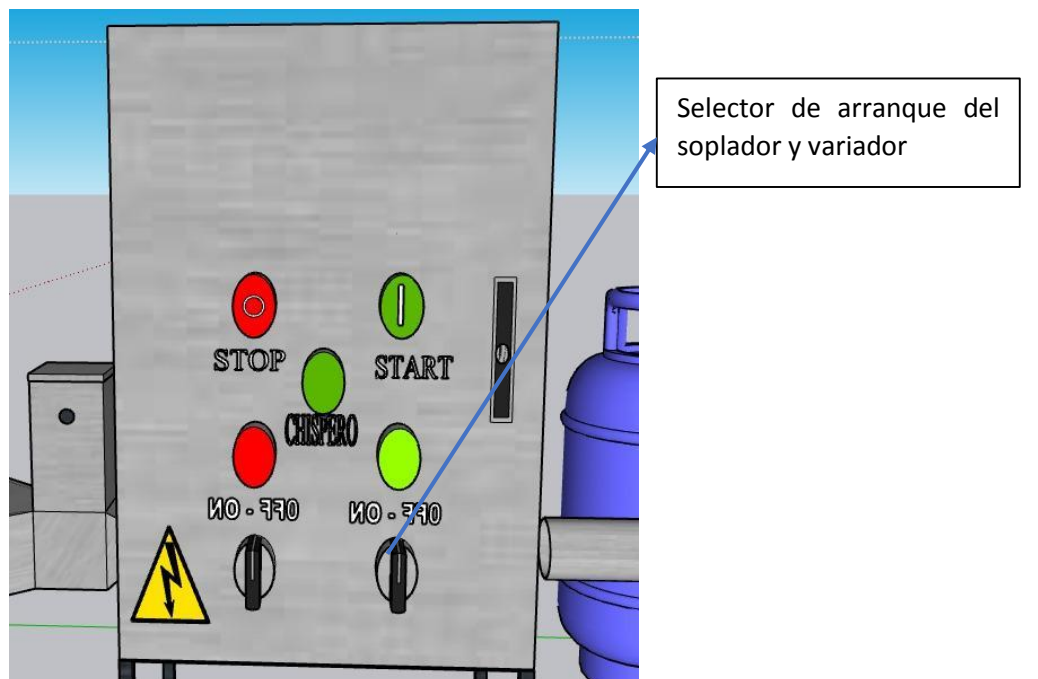


Fig2. Selector de arranque del soplador y el variador.

El arranque del soplador y variador, se realiza mediante el giro el selector en sentido horario, el cual nos permite escoger el apagado o encendido del sistema de flujo aire.

3.3.3 Encendido del sistema de quemador.

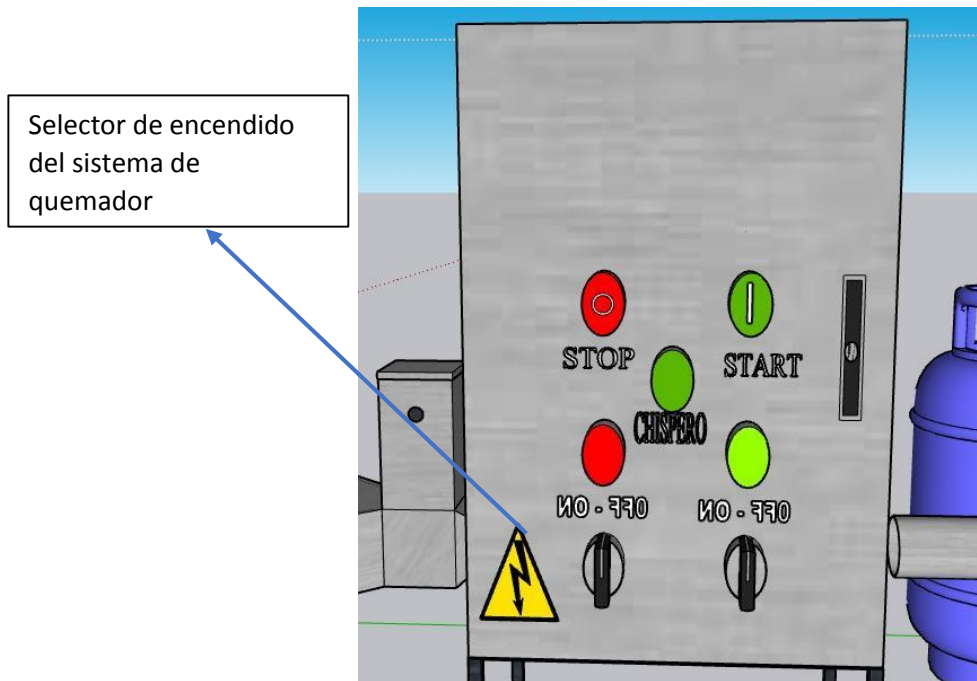


Fig3. Selector de encendido del quemador.

El encendido del quemador, se realiza mediante el giro el selector en sentido horario, el cual permite escoger el apagado o encendido del sistema de flujo de gas (GLP).

3.3.4 Encendido del chispero.

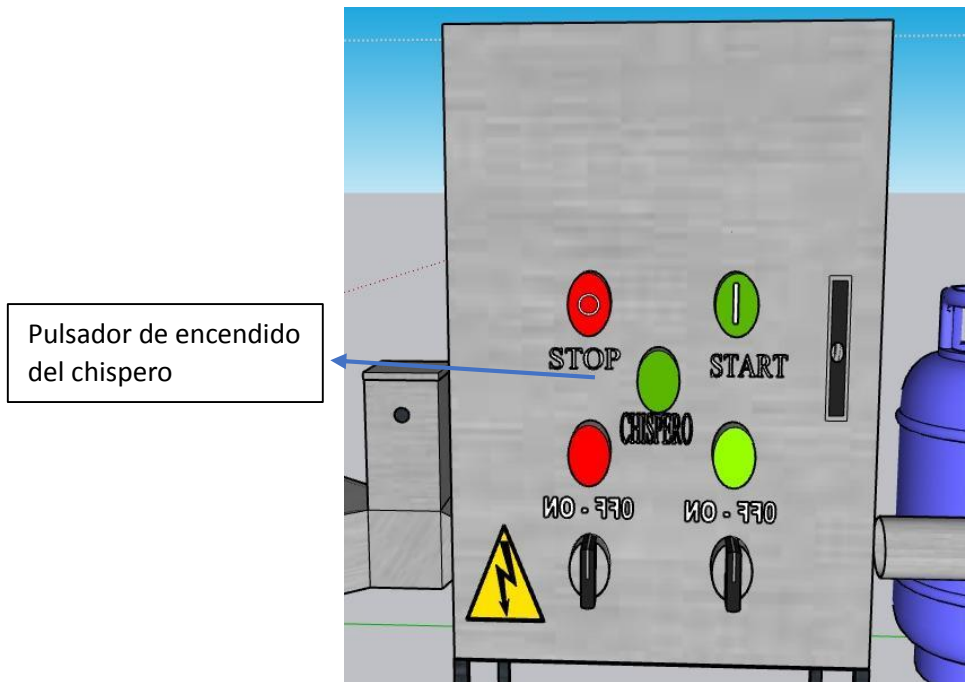


Fig4. Pulsador del chispero.

El encendido del chispero, se realiza mediante el pulsador, el cual a través de la activación de electro válvulas permitirá el chispazo en el sistema de quemador generando la combustión con el gas (GLP) y el aire.

3.3.5 Paro de emergencia.

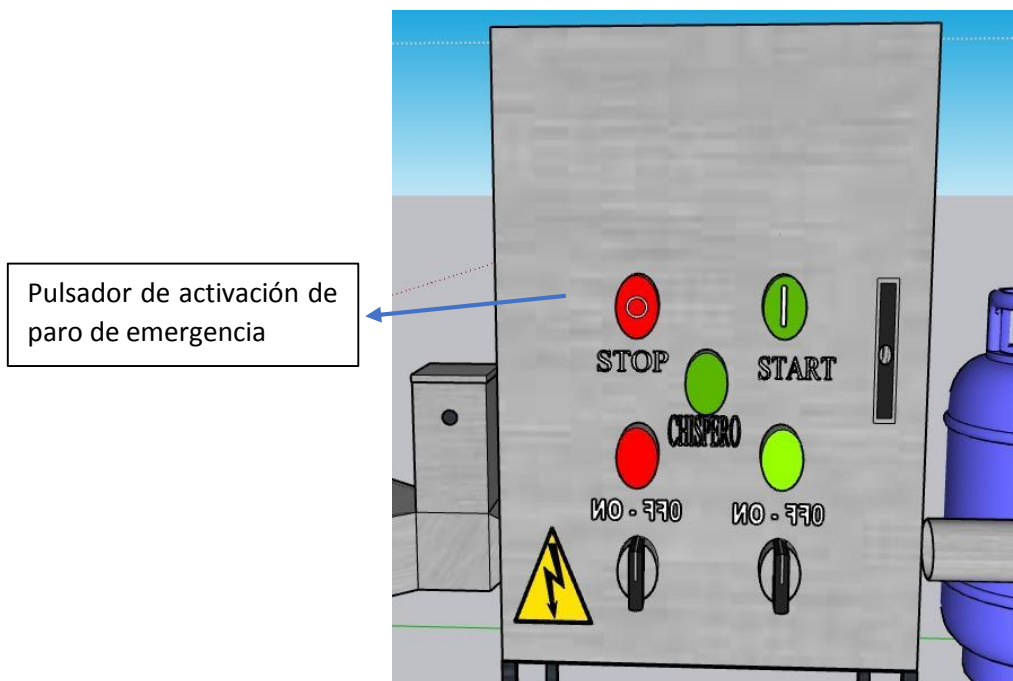


Fig5. Pulsador de paro de emergencia.

La activación del paro de emergencia, se lo realiza mediante un pulsador el cual desactiva a todo el sistema de inmediato.

3.3.6 Luces piloto

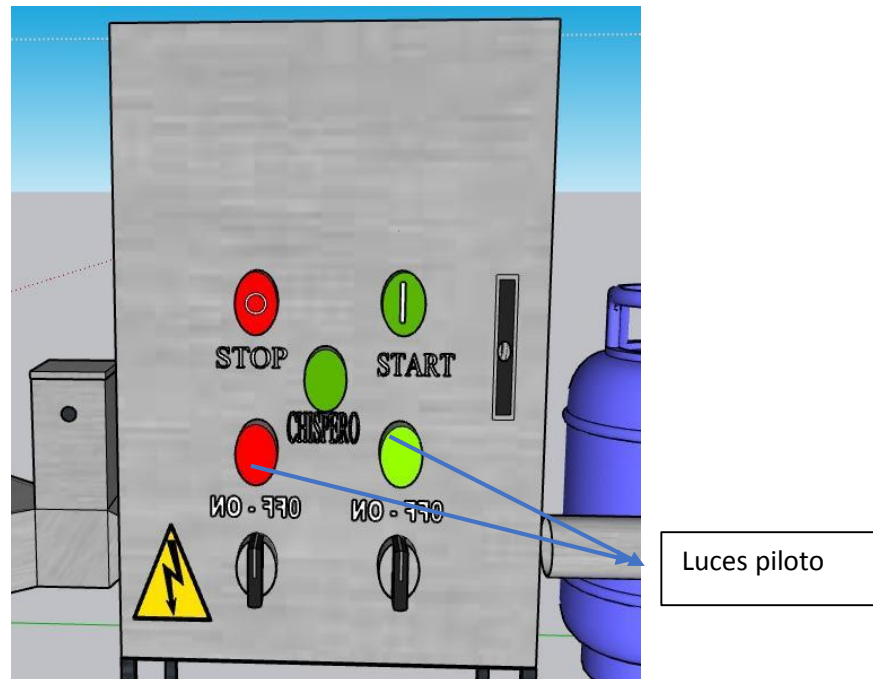


Fig6. Luces piloto.

Una vez activada la máquina, se podrá visualizar la activación de las luces piloto en este caso la luz verde se activará cuando todo el sistema este en funcionamiento y la luz roja cuando el sistema este apagado.

3.4 Características de los elementos de la maquina

En este punto, se explicará cada uno de sus componentes para realizar un correcto mantenimiento a la máquina y que mantenga una buena condición en el transcurso del procedimiento.

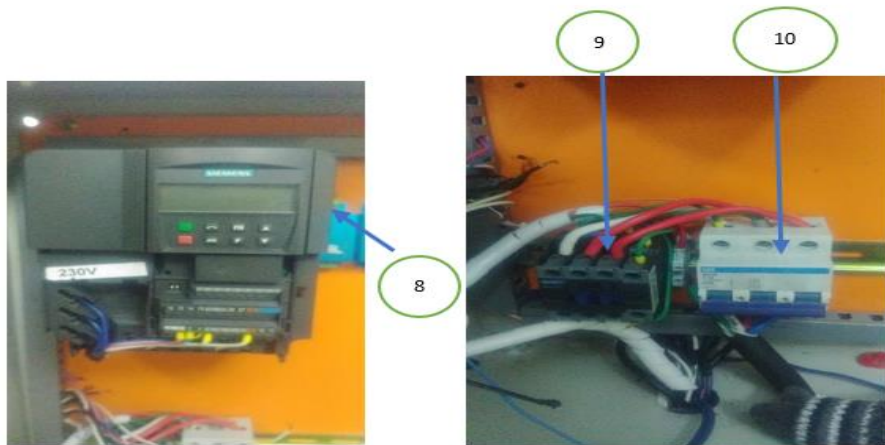
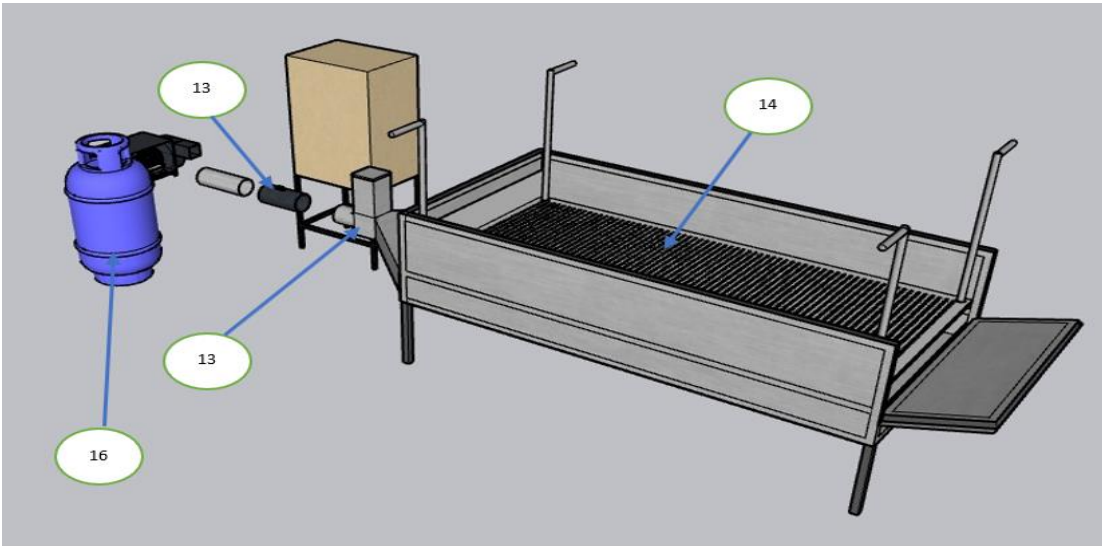
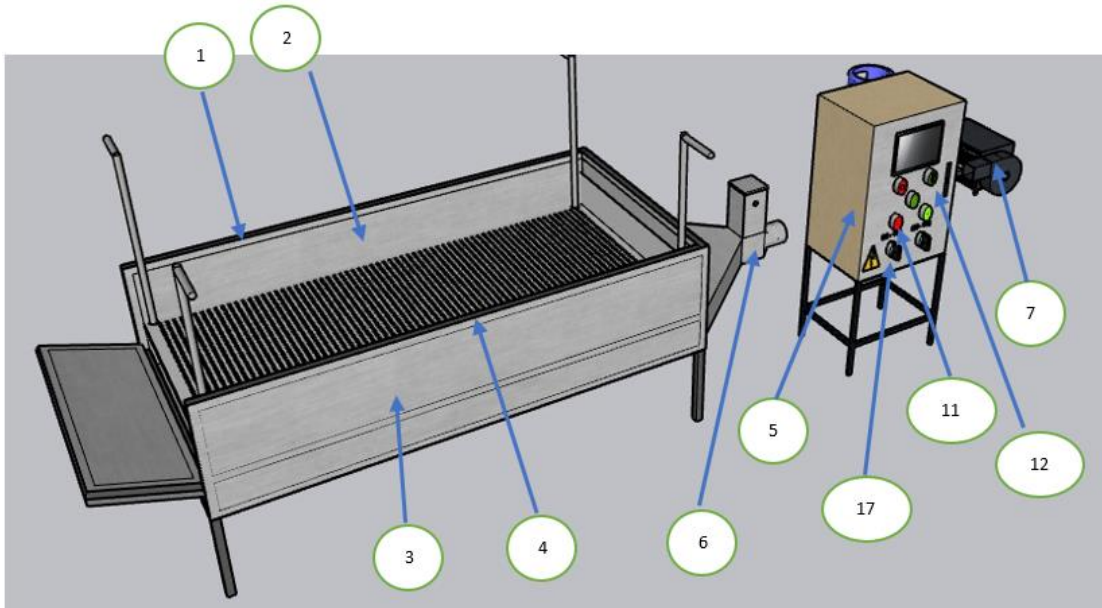


Fig7 Maquina secadora de cacao rectangular.

N° componentes	Elementos	Cantidad
1	tubos cuadrados 1 "	4
2	planchas de acero inoxidable 304 (1mm)	2
3	planchas de acero inoxidable 304 (0,7 mm)	2
4	planchas de lana de roca	4
5	tablero de control 60x40	1
6	Quemador de GLP	1
7	motor de 2Hp marca siemens 220v	1
8	variador de frecuencia Micro master 440	1
9	contactor	1
10	Interruptor termomagnético	1
11	luces piloto	2
12	pulsadores	3
13	Sistema de Chispero	1
14	Plancha perforada	1
15	Sensor Maf	1
16	Tanque de gas (GLP)	1
17	Selectores	2

4. MANTENIMIENTO PREVENTIVO DEL SECADOR

TEM	DESCRIPCION	ACTIVIDAD 1
1	Limpieza de la cámara de secado	Siempre antes y después del proceso de secado
2	Limpieza del ducto de flujo de aire	Siempre realizar al finalizar el proceso
3	Regular la altura de la cama de secado (malla	Siempre que se inicie y finalice el secado

	perforada)	
4	Revisión el sistema de quemador	Cada 6 meses
5	Revisión del soplador	Cada año
6	Revisión del sistema eléctrico	Cada año
7	Revisión de las electroválvulas	Cada 6 meses

4.1. FALLAS AL MOMENTO DEL SECADO DEL CACAO Y SU SOLUCIÓN

ITEM	DESCRIPCION	Causa	Solución
1	Llama baja	El tanque de gas no contiene suficiente cantidad de GLP	Comprar nuevo tanque de GLP
2	No enciende el sistema	Falla de las conexiones	Revisar que las conexiones se encuentren bien conectadas
3	Recalentamiento en las electroválvulas	Trabajos continuos	Dejar descansar a la maquina
4	Problemas en el secado	Mala distribución del grano de cacao	Se debe remover la pepa de cacao cada 15 minutos

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La máquina secadora de cacao rectangular debe tener una altura de 6cm para una mejor distribución del flujo de aire, de igual forma se debe remover el cacao para que tenga un secado homogéneo en todas las pepas de cacao, el tiempo de secado dependerá de la cantidad de cacao que se quiera secar.

Se pudo concluir que gracias a la máquina se logró reducir el tiempo de secado sin causar alteraciones al producto y que se puede trabajar en perfectas condiciones si se sigue el manual y se tiene a la máquina con los parámetros propuestos, garantizando ningún contratiempo en el proceso

5.2 Recomendaciones

Se recomienda descansar a la máquina después de cada proceso para evitar el recalentamiento en los solenoides, debido a que si se forzara a la máquina se produciría sobrecalentamiento y podría terminar quemando al elemento.

Tomar en cuenta la cantidad a secar, debido a eso es un factor importante en el tiempo de secado, ya que si no se toma en cuenta eso podría llegar a quemar o no terminar con el secado deseado en el grano de cacao.