

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE PARA MAQUINA
SECADORA DE CAFÉ DE NIVEL PERSONAL**

**ANDERSON LOPEZ CUERVO
CRISTIAN FERLEY OSORIO ORTIZ
DEISON ALEXANDER TABORDA RAMIREZ**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN
2022**

**IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE PARA MAQUINA
SECADORA DE CAFÉ DE NIVEL PERSONAL**

**ANDERSON LOPEZ CUERVO
CRISTIAN FERLEY OSORIO ORTIZ
DEISON ALEXANDER TABORDA RAMIREZ**

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en electrónica

Asesor técnico

Edgar Alberto Betancur Cataño

Especialista en administración de la informática educativa

Asesor metodológico

José Alfredo Palacio Fernández

Magister en automatización y control industrial

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRONICA
TECNOLOGÍA ELÉCTRICA
MEDELLÍN**

2022

Contenido

	Pág.
1 Planteamiento del problema.....	13
1.1 Descripción	13
1.2 Formulación	13
2 Justificación.....	14
3 Objetivos	15
3.1 Objetivo general	15
3.2 Objetivos específicos	15
4 Marco Teórico.....	16
4.1 Secado de café.....	16
4.2 Máquina secadora.....	17
4.3 Ventiladores	18
4.4 Energía eléctrica.....	20
4.4.1 Paneles fotovoltaicos:	20
4.4.2 Baterías electroquímicas:.....	21
4.4.3 Rectificadores:.....	22
4.5 Control lógico	23
4.6 Sensores temperatura	24
4.7 Sensor de humedad	25
4.8 Mano de obra.....	26
4.9 Materiales plásticos	28
5 Metodología	29
5.1 Tipo de proyecto	29
5.2 Método	29
5.3 Instrumentos de recolección de información.	29
5.3.1 Fuentes primarias:	29
5.3.2 Fuentes secundarias.	29
6 Resultados	30

6.1	Diseño de la estructura	30
6.2	Selección de los materiales y componentes	31
6.3	Construcción de la estructura	33
6.3.1	Fijación de la estructura superior:	33
6.3.2	Fijación de estructura inferior:	34
6.3.3	Fijación del sistema de rodamiento:	34
6.3.4	Perfiles y tornillos para utilizar en el ensamble:	35
6.3.5	Esquineros para unir la estructura:	35
6.4	Implementación el sistema motriz:	36
6.5	Diseño del modelo de control lógico	39
6.5.1	Se realizó el control lógico para la máquina secadora de café:	39
6.6	Diseño de la máquina de secado	41
6.6.1	Componentes eléctricos y mecánicos:	43
6.7	Montaje del tablero de control	44
6.8	Hardware de automatización.....	45
6.8.1	Descripción del autómata programable:	46
6.8.2	Diagrama de conexión autómata programable:.....	47
6.9	Software del controlador.....	47
6.10	Establecimiento del proceso de funcionalidad:.....	49
6.11	Manejo de software de control:.....	49
6.11.1	La App inventor:	50
7	Conclusiones	52
8	Recomendaciones.....	53
9	Referencias bibliográficas.....	55
	Referencias	55
10	Anexos	57

Lista de figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Método tradicional de secado de café.....	16
<i>Figura 2.</i> Método tradicional conocido como Marquesina.....	17
<i>Figura 3.</i> Método tradicional conocido como silo.....	18
<i>Figura 4.</i> Niveles de secado de café con silo.....	18
<i>Figura 5.</i> Piezas de la estructura de los ventiladores.....	19
<i>Figura 6.</i> Composición de los silos para el secado de café.	19
<i>Figura 7.</i> Tipos de paneles solares.....	21
<i>Figura 8.</i> Batería Electroquímica.....	22
<i>Figura 9.</i> Circuito Ratificador de Onda.....	23
<i>Figura 10.</i> Tarjeta programable.....	24
<i>Figura 11.</i> Tarjeta programable.....	24
<i>Figura 12.</i> Tipos de sensores de temperatura.	25
<i>Figura 13.</i> Sensores de humedad.....	26
<i>Figura 14.</i> Secado de café al aire libre.	28
<i>Figura 15.</i> Marquesina tipo invernadero.	28
<i>Figura 16.</i> Estructura en aluminio para la máquina secadora.....	31
<i>Figura 17.</i> Elaboración de los cuadros para la estructura.....	34
<i>Figura 18.</i> Instalación de esquinero laterales.	34
<i>Figura 19.</i> Ensamble de soporte estructural.	35
<i>Figura 20.</i> Perfil de 55cm.....	35
<i>Figura 21.</i> Instalación de esquinero superior.....	36
<i>Figura 22.</i> Dimensiones del motor seleccionado.....	37
<i>Figura 23.</i> Sistema automotriz de la máquina de café.....	38
<i>Figura 24.</i> Asignación de tareas en el software autómeta.	39
<i>Figura 25.</i> Funciones al iniciar el proceso.....	40
<i>Figura 26.</i> Condición para continuar el ciclo de calefacción.	40
<i>Figura 27.</i> Secuencia del ciclo.....	41

<i>Figura 28.</i> Cilindro para secado de café.....	42
<i>Figura 29.</i> Ventiladores para el secado de café.....	42
<i>Figura 30.</i> Controlador AMP1-G.....	45
<i>Figura 31.</i> Conexiones del AMP1-G.....	47
<i>Figura 32.</i> Software del controlador.....	49
<i>Figura 33.</i> Diagrama de control.....	50
<i>Figura 34.</i> Proceso secado de café.....	54

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. <i>Materiales de ensamble</i>	32
Tabla 2. <i>Ficha técnica del motor seleccionado</i>	38
Tabla 3. <i>Ayudas mecánicas</i>	43

Lista de anexos

	Pág.
Anexo A. Programa para autómatas.....	57
Anexo B. Diagrama entradas y salida.....	63
Anexo C. Máquina de estado.....	64

Resumen

IMPLEMENTACIÓN DE CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE PARA MAQUINA SECADORA DE CAFÉ DE NIVEL PERSONAL

ANDERSON LOPEZ CUERVO

CRISTIAN FERLEY OSORIO ORTIZ

DEISON ALEXANDER TABORDA RAMIREZ

El proyecto de la secadora de café, nace de la necesidad que se observó en las comunidades productoras de café de nivel personal, ya que, al no contar con ayudas mecánicas, eléctricas o electrónicas para el proceso de secado de café, tienden a perder tiempo y dinero puesto que la calidad del producto se ve afectada por falta de estas herramientas.

Se desarrolla la máquina secadora de café de nivel personal, logrando automatizar con la ayuda del hardware Autómata Amp1G y el software MgdMod, que nos permite interactuar con la interfaz hombre máquina, también hemos encontrado la importancia de la inclusión de estas comunidades en el proyecto para el desarrollo y crecimiento social, económico y competitivo de las mismas, de esta manera logramos erradicar la pobreza y la falta de oportunidades.

Palabras claves: Termistor, autómata, parametrización, coadyuva, Microelectrónico

Abstract

IMPLEMENTATION OF PROGRAMMABLE LÓGIC CONTROL FOR MACHINE PERSONAL LEVEL COFFEE DRYER

**ANDERSON LOPEZ CUERVO
CRISTIAN FERLEY OSORIO ORTIZ
DEISON ALEXANDER TABORDA RAMIREZ**

This project arises from the need that was observed in the coffee-producing communities at a personal level, since, by not having mechanical, electrical or electronic aids for the coffee drying process, they tend to lose time and money since the quality of the product is affected by lack of these tools.

We have developed the personal level coffee drying machine, achieving automation with the help of the Automata amp1-g 8u4q4b software, which allows us to interact with the man-machine interface. We have found the importance of including these communities in the project for the development and social, economic and competitive growth of these communities in this way we managed to eradicate poverty and lack of opportunities for these communities.

Keywords: Thermistor, automation, parameterization, helps, Microelectronic

Glosario

Termistor: sensor de múltiples funciones resistencia, capacidad y funciones los cuales nos brinda la oportunidad de controlar y supervisar los procesos que se desee automatizar.

Secado: proceso en el cual se determina la húmeda deseada para un proceso deceso determinado.

Automatización está enfocado en una disciplina de control la cual, está basada en el uso de sistemas electromecánicos para controlar de forma automatizada diversos procesos industriales.

Control: proceso en el cual se monitorea el comportamiento y estado de materiales implicados en el proceso.

Microcontroladores: es una pequeña computadora que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. También tiene un procesador y por supuesto memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM).

Motorreductor: es un mecanismo capaz de controlar la velocidad de giro de un motor en una máquina para que funcione con un ritmo determinado.

Software: está compuesto por un grupo de aplicaciones y programas diseñados para desarrollar diversas funciones dentro de un sistema.

Introducción

La implementación de la máquina secadora es la iniciativa del desarrollo tecnológico, por medio de la elaboración de un prototipo el cual da solución tecnológica al problema del secado de café, enfocado a las comunidades de bajos recursos económicos que no cuentan con apoyo tecnológico o mecánico para realizar el proceso de secado de café, este es un problema común en las zonas de la región ocasionado a raíz de los cambios climáticos y la falta de recursos económicos, los cuales impiden el desarrollo social, económico y cultural, generando más pobreza y ocasionando inestabilidad, desgaste físico, mental y emocional.

El proyecto maquina secadora a nivel personal está basado en la compilación de tecnologías para la erradicación de la pobreza del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) contribuyendo con este fin; se han utilizado adaptaciones tecnológicas y lógica programable partiendo desde un ensamble para la máquina secadora que es estrictamente adecuado para las necesidades de las comunidades, teniendo en cuenta que esta debe tener las siguientes características, bajo peso, fácil transporte, bajo consumo energético, fácil manejo y asequible para las comunidades, de esta manera se benefician de dicho proyecto pues la máquina da solución a los problemas antes mencionados y adicionalmente reduce su tiempo de ocupación y esfuerzo físico.

El desarrollo de este proyecto es de vital importancia para erradicar los problemas generados en el proceso de secado de café tradicional, así logra aportar al desarrollo sostenible enfocado a las comunidades productoras de café a nivel personal para hacerlas competitivas logrando la transformación social, económica y ambiental de dicha población productora a nivel personal.

1 Planteamiento del problema

1.1 Descripción

Los productores de café de nivel personal tardan hasta 15 días para secar el café. Esto implica que aumente el costo de su producción y disminuya la calidad del producto. La falta de este recurso tecnológico (secadora de café) es la causa de la inequidad en los caficultores.

El secado de café en Colombia a nivel personal ha funcionado tradicionalmente con aprovechamiento de energías del sol y del aire, generalmente las cosechas de café coinciden con épocas de lluvia, por lo que el secado bajo estas técnicas es lento y por ende genera altos costos de producción; esto sin tener en cuenta que disminuye la calidad del producto, a esto se suma que las lluvias que generalmente aceleran la producción del café lo cual es inverso al secado aumentando el riesgo de pérdida para los pequeños productores quienes no cuentan con ayudas mecánicas o electrónicas para acelerar el tiempo de secado.

Algunas de las ayudas mecánicas que hasta la fecha se han desarrollado son los silos industriales que disminuye el tiempo y esfuerzo en el proceso de secado de café, estos silos funcionan a base de diferentes componentes, entre estos encontramos energía eléctrica, gas natural, petróleo, carbón, cisco, entre otros combustibles fósiles. Sin embargo, estas ayudas mecánicas no satisfacen la necesidad de estas comunidades productores a nivel personal ya que además de incrementar el calentamiento global, requieren espacios grandes para su instalación y su costo no es asequible. (Parra Coronado, Roa Mejia, Oliveros Tascon, & Sanz Uribe, 2017).

1.2 Formulación

¿Cómo implementar el montaje de un control automático para el secado de café que sea de fácil manejo y de bajo consumo energético para optimización del tiempo?

2 Justificación

Implementar una máquina de secado de café de producción personal automatizada con el fin de mejorar el proceso de secado, dando autonomía y reduciendo tiempos de producción, esta máquina contiene un diseño lógico programable y una interfaz hombre-máquina de un fácil manejo, disminuyendo el esfuerzo, desgaste físico y mental, con el fin de beneficiar las comunidades productoras de café a nivel personal que se encuentran en situación de vulnerabilidad económica, dando solución a los problemas de cristalización, mal olor, pérdida de sabor y contaminación de producto, disminuyendo en gran proporción la afectación de la calidad y el estándar de aprobación del café, ya que son riesgos comunes que se generan en el proceso de secado tradicional.

Generalmente las familias productoras de café a nivel personal realizan el proceso de secado de café mediante secadoras artesanales, marquesinas o patios de cemento, este método consiste en el aprovechamiento de la energía emitida por el sol y el aire. El proceso tarda en condiciones normales entre 7 y 15 días sin embargo al ser dependientes del medio ambiente este tiempo puede variar, lo que ocasiona pérdidas económicas evidenciadas en el tiempo y la calidad del producto, (Federación Nacional de cafeteros de Colombia, 2000).

3 Objetivos

3.1 Objetivo general

Implementar una máquina secadora de café de producción personal automatizando el proceso de secado con la implementación de un autómata programable amp1-g 8u4q4b y el software MgdMod, para el mejoramiento productivo y competitivo de una comunidad.

3.2 Objetivos específicos

Diseñar la estructura de la máquina de producción personal, construida con perfiles de aluminio para soportar el tablero de control y el ensamble de producción (secadora), para facilidad de transporte, ensamble y producción.

Implementar el montaje de un tablero de control automático, utilizando DC como fuente de energía eléctrica, ya sea desde la red de distribución eléctrica o métodos alternativos; un autómata programable para controlar tiempo, temperatura y humedad, para optimización del tiempo en el proceso de secado del café.

Desarrollar un programa de control automático de la máquina de producción personal, utilizando un sistema de programación basado en máquinas de estado como el MgdMod versión 4.3.2, para controlar el proceso de secado de café.

4 Marco Teórico

4.1 Secado de café

El método más utilizado a nivel de producción personal es, regando el café en estructuras de cemento o madera como se observa en las figuras (1) para aprovechar las energías del sol y el aire, este es el método tradicional más usado por ser económico y amigable con el medio ambiente; el secado del café es un proceso determinante dentro de la cadena de valor debido a su alta influencia en la calidad de los productos resultantes de los granos. Se estima que para preparar un expreso se necesitan 5 granos de café de buena calidad; estas exigencias impactan los procesos de toda la cadena de comercialización del café en Colombia. Desde un punto de vista técnico, las prácticas inadecuadas durante el secado del café pueden causar 10 de los 14 defectos establecidos por los estándares de calidad aplicados al Café de Colombia. Estos parámetros exigen un contenido de humedad entre 10-12% en los granos. Con el fin de asegurar la calidad establecida para comercializar un producto excelso. (federacion de cafeteros, 2015).



Figura 1. Método tradicional de secado de café

Fuente extraída de https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21_Secado_del_cafe.pdf

Nota: en las fincas utilizan madera para formar los cajones en los cuales se esparce el café para aprovechar al aire y sol hasta alcanzar la humedad adecuada del producto.

La figura (2) es la representación de lo que en las fincas cafeteras conocemos como Marquesinas, están hechas de madera para formar el área en la cual se esparce el café, esta madera es cubierta por una lona de fibra; para formar el techo se utiliza comúnmente tablillas de Guadua, la cual es fumigada para protegerla de la bruma y alargar la vida útil del material. El techo está formado de plástico con el cual se garantiza que el área interna no se humedece con la lluvia, lo que facilita las labores. (federacion de cafeteros, 2015).



Figura 2. Método tradicional conocido como Marquesina

Fuente: extraída de https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21_Secado_del_cafe.pdf

Nota: Este método consiste en generar un efecto invernadero.

4.2 Máquina secadora

Existen máquinas para el secado de café en grandes proporciones, las cuales pueden funcionar a gas, gasolina, energía eléctrica, carbón, petróleo, entre otros. Las figuras (3 y 4) son fotografías en representación de las máquinas de gran proporción, (Gutiérrez Flórez, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Orozco Hincapié, 2012).

La figura (3) es un silo, el cual funciona con cisco, material derivado del café, es la cáscara que cubre el grano, al ser trillado el cisco es reutilizado en este caso pasa a ser combustible y poder generar el calor necesario para realizar el proceso de secado, el material utilizado para estas cámaras de combustión tiene un valor de 70% de lo que cuesta un silo, por lo cual los caficultores buscan economía y adquieren los intercambiadores de calor fabricados en talleres rurales. (Gutiérrez Flórez, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Orozco Hincapié, 2012).

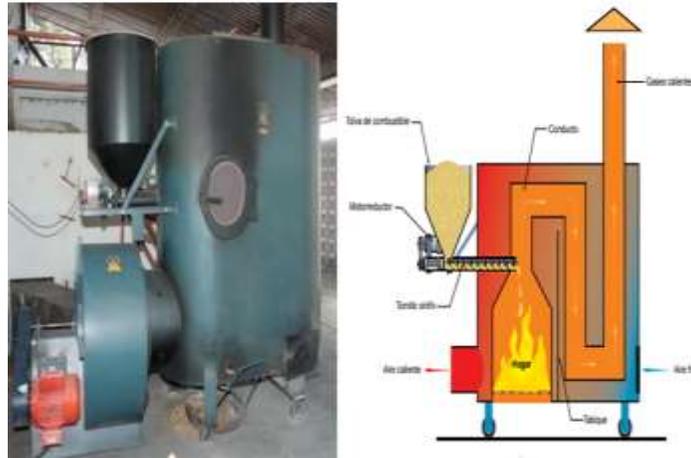


Figura 3. Método tradicional conocido como silo.
 Fuente extraída de <https://www.cenicafe.org/es/publications/lib37751.pdf>

La figura (4) es la representación de cámara de secado de un silo, esta es una bóveda de 2 m² está subdividida por dos mallas, en las cuales se produce los procesos de procesado y secado de café. (Gutiérrez Flórez, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Orozco Hincapié, 2012).

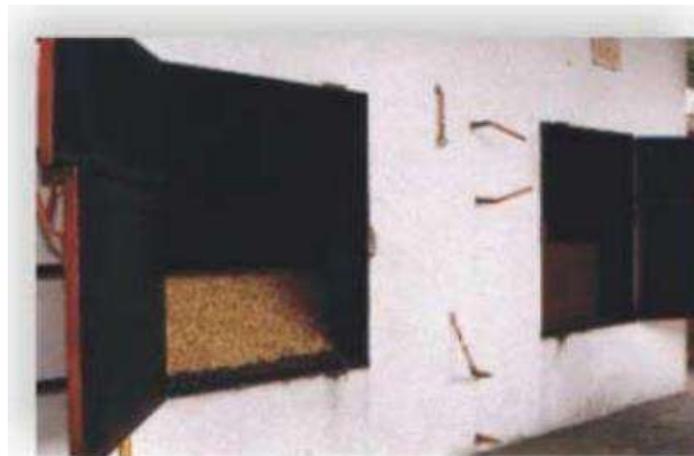


Figura 4. Niveles de secado de café con silo.
 Fuente extraída de <https://caldas.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/11/2020/07/AVT0282-El-secado-mec%C3%A1nico-del-caf%C3%A9.pdf>
 Nota: el espacio y la capacidad de estas cámaras dependen de la capacidad del silo.

4.3 Ventiladores

Los ventiladores cumplen la función de recircular el aire para el secado del café, es de gran importancia la utilización de este mecanismo ya que permite la recirculación del calor requerido para el secado, esto lo hace recirculando el aire quien a su vez circula el calor.

Las figuras (5) nos permiten interpretar el ensamble y posición de los ventiladores en las

máquinas tradicionales utilizadas para el secado de café. (Gutiérrez Flórez, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Orozco Hincapié, 2012).



Figura 5. Piezas de la estructura de los ventiladores.

Fuente extraída de <https://www.cenicafe.org/es/publications/lib37751.pdf>.

Nota: La imagen es la estructura metálica encargada de direccionar el aire generado por el ventilador.

La figura (6) es el diagrama de un silo tradicional en la cual se observa la tolva para almacenar el cisco que con la ayuda del motor pasa a ser incinerado generando energía representada en calor, que es direccionado con la ayuda del ventilador hasta la cámara de secado. (Gutiérrez Flórez, Sanz Uribe, Oliveros Tascón, & Orozco Hincapié, 2012).

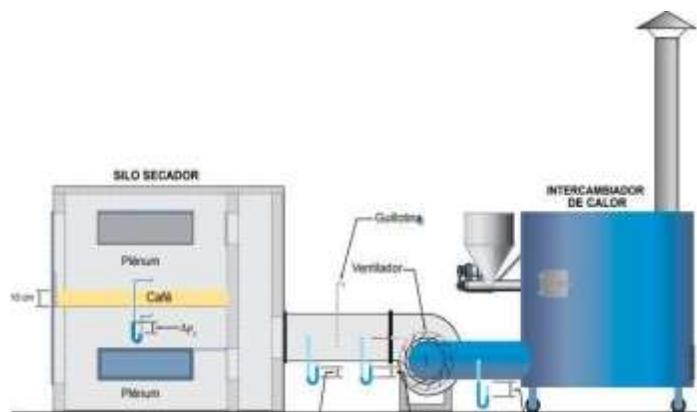


Figura 6. Composición de los silos para el secado de café.

Fuente extraída de <https://www.cenicafe.org/es/publications/lib37751.pdf>

El sistema de transmisión es el conjunto de piezas encargadas de convertir la energía térmica producida por el motor en energía mecánica, estos sistemas se utilizan para generar movimiento dependiendo la necesidad que se posee, en este caso la es utilizada para desplazar el calor hasta las recamaras de secado, (Flexfuel, s.f.).

4.4 Energía eléctrica

La energía eléctrica se origina por la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos determinados, generando así corriente eléctrica a partir del flujo de electrones. (Balbas Garcia, 2017)), dentro de los diferentes recursos de energía encontramos la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía renovable que produce electricidad (tensión DC), obtenida a partir de la radiación solar mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica, o bien mediante una deposición de metales sobre un sustrato denominada célula solar de película fina. Esta energía puede ser almacenada en baterías, que podemos clasificar por capacidad, voltaje y espacio dependiendo la necesidad que se presente y posteriormente ser utilizada la energía en diferentes dispositivos eléctricos. La energía renovable como lo es la fotovoltaica, eólica y la generada por paneles solares se caracterizan por generar VDC

4.4.1 Paneles fotovoltaicos: Los paneles fotovoltaicos están diseñados por una serie de celdas fotovoltaicas interconectadas entre ellas. Las configuraciones más usadas son las celdas de 60 células y las de 72 células, Se trata de un fenómeno físico que consiste en la emisión de fotoelectrones por un material cuando este recibe energía lumínica. “Este fenómeno posibilita que exploremos la energía solar para producir electricidad, estos paneles se logran encontrar de diferentes tipos ya que dependiendo sus características son más eficientes unos de otros.

Los paneles solares fotovoltaicos son usados para generar energía eléctrica para uso comercial y uso doméstico, por lo regular las instalaciones de los paneles solares están conectadas a la red eléctrica y dicha energía se suministra en la red.

La energía que producen es de corriente continua y nosotros en nuestras casas la usamos alterna por este motivo se debe utilizar el inversor, capaz de transformar la corriente para que podamos utilizar esa energía, (Planas, 2015).

En la figura (7) se evidencia los distintos paneles solares fotovoltaicos que se pueden utilizar para este tipo de generación de energía eléctrica y su composición estructural.

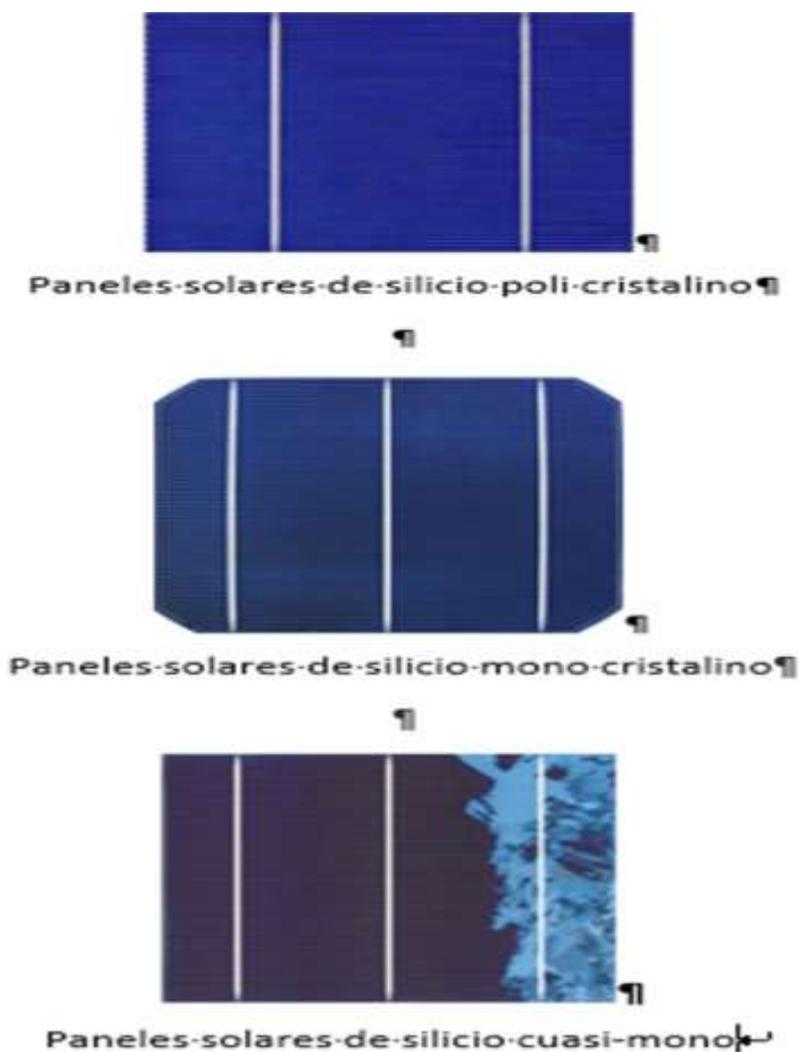


Figura 7. Tipos de paneles solares.

Fuente extraída de https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/comparativa-panel-solar-poli-mono-cuasimono-amorfo_1

4.4.2 Baterías electroquímicas: Las baterías electroquímicas son un dispositivo capaz de obtener energía eléctrica por medio de reacciones químicas o producir reacciones químicas por medio de introducción de energía eléctrica. Un ejemplo, las celdas electroquímicas es la “pila” común de 1.5 voltios. A decir verdad, una “pila” es una celda galvánica o electroquímica simple, mientras una batería consta de varias celdas conectadas en serie.

Al conectar las placas metálicas con el hilo conductor ocurre el flujo espontáneo de electrones,

evidenciado por una ampolleta que se ilumina o un voltímetro que mide la diferencia de potencial de la pila, (EcuRed, 2022).

En la figura (8) se observa la estructura interna de la batería, evidenciando las celdas electroquímicas.



Figura 8. Batería Electroquímica.

Fuente extraída de <https://rinconciencia.wordpress.com/2011/10/22/haciendo-una-pila-daniell/>

4.4.3 Rectificadores: son utilizados frecuentemente en fuentes de alimentación de equipos electrónicos. Hay que tener en cuenta que cualquier equipo electrónico funciona internamente con corriente continua, y aunque nosotros los conectamos a la red eléctrica (120V de corriente alterna a 60 Hz), la fuente de alimentación se encarga de convertir esa corriente alterna en corriente continua. El elemento fundamental de esa fuente de alimentación será precisamente el circuito rectificador. (Ud08_LA.Electronica_Aplicada.indd, 2010).

Los filtros pasan banda son circuitos formados por resistencias, bobinas y condensadores, diseñados para dejar pasar a su salida un determinado grupo de señales cuyas frecuencias se encuentren dentro de la banda de paso del filtro, eliminando o atenuando el resto de frecuencias. (Ud08_LA.Electronica_Aplicada.indd, 2010).

El filtro deja pasar la frecuencia de resonancia, que sería la frecuencia de corte (f_c) y los componentes de frecuencias próximas a la frecuencia de corte. En este filtro existen dos frecuencias de corte, una inferior (f_1) y otra superior (f_2). Este filtro solo atenúa las señales cuya frecuencia sean

menor que la frecuencia de corte inferior o aquellas de frecuencia superior a la frecuencia de corte superior, por tanto, solo permiten el paso de un rango o banda de frecuencias sin atenuar. (Ud08_LA.Electronica_Aplicada.indd, 2010).

El circuito de ratificador de onda lo podemos observar en la figura (9).

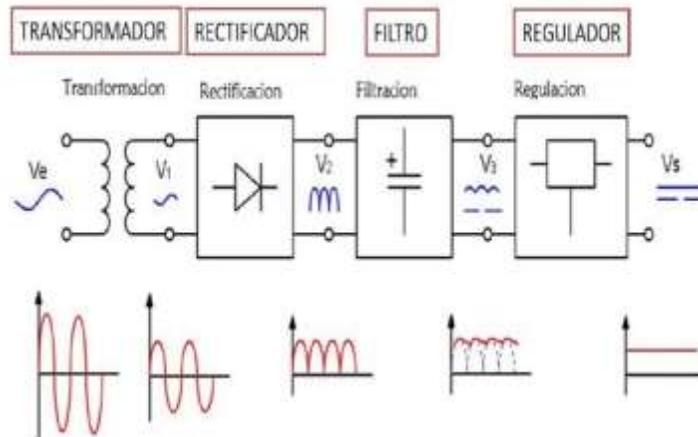


Figura 9. Circuito Ratificador de Onda.

Fuente extraída de: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/148315/Cervera%20-%20Dise%C3%B1o%20y%20simulaci%C3%B3n%20de%20un%20convertidor%20AC/DC%20para%20la%20alimentaci%C3%B3n%20de%20un%20ordenador%20port%C3%A1til.pdf?sequence=1>

4.5 Control lógico

Es la automatización de un proceso, básicamente es el paso a paso de un proceso para cumplir un objetivo, en la actualidad ya lo podemos hacer desde un computador, incluso con tarjetas electrónicas programables como la que se observa en la figura (10) que permite automatizar un proceso como se observa en la figura (11). (Montaña Moreno, 2016).



Figura 10. Tarjeta programable.
Fuente: Recursos propios de la I. U. Pascual Bravo.

La figura (11) representa el proceso de secado, visto desde un diagrama, optimizando funciones de programación y posteriormente generando la captación de datos para la automatización del proceso).

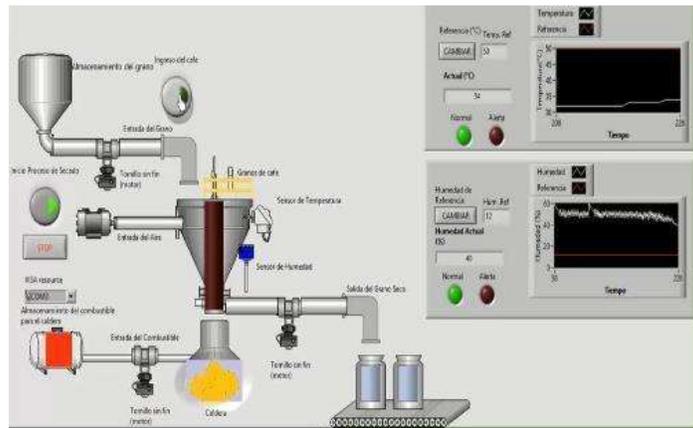


Figura 11. Tarjeta programable.
Fuente Extraída de <https://docplayer.es/54708374-Disenio-de-un-sistema-de-control-automatico-de-un-secador-electromecanico-de-cafe-pergamino.html>

4.6 Sensores temperatura

Los sensores de temperatura son componentes eléctricos y electrónicos, también llamados sensores de calor los cuales nos permiten medir la temperatura de superficies, aire, líquido o partículas. Estas medidas que son captadas en diversos procesos son medidas físicas y posteriormente transducidas a señales eléctricas nos permiten tomar decisiones para el mejoramiento del proceso. Estos sensores mediante ayudas tecnológicas, eléctricas y electrónicas son de gran

importancia en la automatización de procesos industriales para garantizar la ejecución de los complejos procesos que exigen precisión para garantizar la calidad del producto ya que al ser autónomo el proceso se minimiza el riesgo de error.

Entre los diferentes referencias y tipos de sensores de temperatura encontramos el termistor sin termopozo 10K este sensor NTC tiene un rango de resistencia de 0Ω a $10\text{ K}\Omega$ puede medir temperatura en un rango de -40C° a 120C° por lo cual es utilizado en múltiples procesos, entre ellos se encuentra procesos de hornos de baja temperatura y secadores.

Los sensores de temperatura pueden ser semiconductores integrados que dependiendo de la temperatura producen señales manifestadas en corriente, tensión o una señal digital. (Rechner Sensors, 2022).

La figura (12) nos permite conocer algunos de los diferentes tipos de termistores existentes en la actualidad.



Figura 12. Tipos de sensores de temperatura.

Fuente extraída de <https://www.viaindustrial.com/sensor-de-temperatura-termistor-ntc-10k-ntc-10k-via/pp/P174227/>

4.7 Sensor de humedad

El sensor de humedad es un dispositivo utilizado en espacios de interior, a fin de controlar la temperatura y humedad del aire. Las magnitudes medidas por el sensor son transformadas en una señal eléctrica.

La figura (13) nos permite conocer algunos de los sensores de humedad que existen en la actualidad, el sensor de humedad es un dispositivo utilizado en espacios de interior a fin de controlar la temperatura y humedad del aire, objetos o productos. Las magnitudes captadas por el sensor son transmitidas por pulsaciones eléctricas las cuales en procesos automatizados determinan cambios y funciones en el proceso.

Entre los sensores de humedad encontramos el sensor dht11 que se caracteriza por detectar humedad y temperatura. Entre sus características técnicas se encuentran rango de temperatura de 0 a 50C°, entre 20% y 25% humedad relativa; tiene tres pines con las siguientes funciones VCC, GND y señal de salida digital. Su voltaje de operación se encuentra en rango de 3 y 5.5V, compatible con microcontroladores de cualquier fabricante, las medidas físicas captadas por el sensor son transmitidas en señales binarias, (Aosong, s.f.).

La siguiente imagen es la presentación del sensor dht11 doble funcionalidad, detector de humedad y temperatura, en la figura (13) se observa sus características físicas, sus tres pines se encuentran debidamente marcados facilitando su conexión.

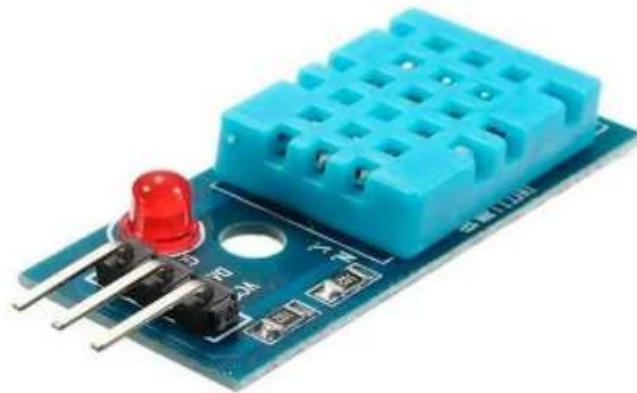


Figura 13. Sensores de humedad.

Fuente extraída de <https://www.mactronica.com.co/sensor-de-humedad-y-temperatura-dht11>

4.8 Mano de obra

Estas son las funciones asociadas a la producción de un producto o servicio, el cual requiere la intervención humana, para este caso se requiere la intervención humana para desarrollar todo el proceso de ensamble y automatización de la máquina secadora de café.

Espacios abiertos para el secado: de acuerdo con las investigaciones realizadas acerca del secado de café en las fincas productoras a nivel personal, se requieren espacios abiertos para la ocupación y aprovechamiento de las energías del sol y aire.

Una de las prácticas tradicionales para el secado del café es a partir de la madera, ya sea utilizada como superficie o combustible lo cual afecta al medio ambiente según investigaciones. La falta de bosques ocasiona la pérdida del hábitat de millones de especies porque, según algunos cálculos el 70 % de animales y plantas habitan los bosques, y coadyuva al cambio climático, los suelos húmedos sin la protección de los árboles se secan rápidamente. (NaturaResponde, 2019).

El uso de combustibles fósiles convencionales lleva consigo el incremento del efecto invernadero y este a su vez incide en el cambio climático que dichos combustibles producen durante su uso. Se suma a ello su disponibilidad cada vez más reducida por su condición de no renovables. (BBVA, 2022).

Secado al sol, en patio En este método de secado, el café se distribuye en patios de cemento o ladrillo, en capas de aproximadamente 3,5 centímetros de alto, que es el equivalente a 1 arroba (11.3 kg) de café pergamino seco por metro cuadrado. Los patios donde se distribuye a secar el grano deben tener una leve inclinación o ser completamente planos para evitar el encharcamiento de acuerdo con el documento compartido por. (Federacion Nacional de cafeteros de Colombia, 2000).

Ventajas. El grano resulta con una calidad excelente. No hay inversión en maquinaria ni consumo eléctrico, ni de combustibles. Las ventajas. El grano resulta con una calidad excelente. No hay inversión en maquinaria ni consumo eléctrico, ni de combustibles.

Las desventajas. Tiempo de secado de 10 días. Depende de las condiciones del clima. Requiere grandes espacios y trabajo físico.

La figura (14) representa la labor diaria de muchos de los caficultores en Colombia, estas son las funciones asociadas a la producción de un producto o servicio el cual requiere la intervención

humana, para este caso se requiere la intervención humana para desarrollar todo el proceso de ensamble y automatización de la máquina secadora de café.



Figura 14. Secado de café al aire libre.

Fuente extraída de <https://www.hortomallas.com/cafe-con-mejor-aroma-con-la-malla-polisombra-logra-un-secado-uniforme-con-la-malla-cafetera-malla-especial-para-el-secado-de-cafe>.

Nota: en la imagen se observa olas de café, esto se hace necesario al no tener suficiente espacio para el café, lo cual genera mayor esfuerzo para los campesinos que tienen que mezclar el producto y obtener un secado uniforme.

4.9 Materiales plásticos

Los materiales plásticos han sido utilizados por los agricultores tal como se observa en la figura (15), para facilitar el proceso de secado de café sin embargo no es muy óptima su función debido a su poca durabilidad, la cual está estimada de 1 a 3 años de vida útil, lo cual genera mayor costo e incrementa la contaminación al ser un producto no amigable al con el medio ambiente. (Federación Nacional de Cafeteros, 2017).



Figura 15. Marquesina tipo invernadero.

Fuente extraída de <https://caldas.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/11/2020/08/AVT0482-Construcci%C3%B3n-de-secadores-solares-tipo-t%C3%BAnel-con-nuevos-materiales.pdf>

5 Metodología

5.1 Tipo de proyecto

Este proyecto es de desarrollo experimental, enfocado el desarrollo de las comunidades caficultoras productoras de nivel personal; razón por la cual es un proyecto de desarrollo experimental para desarrollar un prototipo de máquina secadora de café automatizada de fácil manejo y asequible para estas comunidades con pocos recursos económicos productoras de café.

5.2 Método

Secado de café, máquina secadora, cámaras de secado, ventiladores, sistema de transmisión de movimiento.

Energía eléctrica, control manual y automático, control lógico, sensores de temperatura, sensor de humedad.

Mano de obra, espacios abiertos para el secado, materiales plásticos, tala de árboles, combustiones fósiles.

5.3 Instrumentos de recolección de información.

5.3.1 Fuentes primarias: Las fuentes primarias de información para el desarrollo de este proyecto han sido entrevistas vía telefónica con pequeños productores de café, los cuales han manifestado sus dificultades para el secado de este.

5.3.2 Fuentes secundarias. Se consultó a través de archivo en internet otorgado por la federación de cafeteros, revistas enfocadas a la problemática generada alrededor del secado de café. Noticias del eje cafetero. Etc.

6 Resultados

El principal enfoque de este prototipo es aportar al crecimiento socio económico y natural de las comunidades productoras de café a nivel personal, con el ya mencionado objetivo principal se logra un aporte significativo al mejoramiento del medio ambiente, disminuyendo la tala de árboles, las combustiones fósiles, las cuales son generadas a partir de recursos naturales, también se disminuye el uso de plásticos y demás derivados del petróleo los cuales contaminan el medio ambiente y fomentan el efecto invernadero.

La automatización del proceso de secado de café aporta al desarrollo y crecimiento de las poblaciones del eje cafetero, disminuyendo su tiempo de ocupación el cual podrá ser utilizado para cumplir otras funciones ya sean de nivel laboral, cultural, social educativo, recreativa. Etc.

Los productores de café de producción personal tardan hasta 15 días para secar el café. Esto implica que aumente el costo de su producción y disminuya la calidad del producto. La falta de este recurso tecnológico (secadora de café) es la causa de la inequidad en los caficultores.

Diseño del sistema de control de la máquina de producción personal, construida con perfiles, un tablero de control-suministro de energía y un ensamble de producción para minimizar tiempos en el proceso de secado del café.

Montaje de un tablero de control automático, instalado en la estructura de fácil manejo y de bajo consumo energético para optimización del tiempo en el proceso de secado del café.

Montaje de un programa de control automático de la máquina de producción personal para controlar el proceso de secado de café y de esta manera evitar tener que utilizar más personas para su proceso.

6.1 Diseño de la estructura

Está compuesta de una estructura de aluminio armable de bajo peso, de fácil transporte, baja ocupación de espacio, eficiente y resistente.

La estructura se ha diseñado enfocada en la comodidad, resistencia y satisfacción del usuario final. Por lo cual se ha utilizado 4 rodachines de los cuales dos ellas cumplen la función de locomoción y traslado, mientras que las otras dos ruedas son de tracción, permitiendo al usuario la fijación de la máquina y cortos desplazamientos de la misma sin requerir mayores esfuerzos y desmontaje de la secadora de café. Garantizando la resistencia de la estructura sea utilizado perfiles de aluminio 80/20 ranurado en T el cual nos brinda seguridad, resistencia y facilidad de ensamble adaptándose fácilmente con la ayuda de esquineros, para este ensamble se utilizó uniones de aluminio, tornillos de 1/4 con cabeza de botón, esquineros inferiores, laterales y superiores de material cold rolled 14 mm 12x20.

La Fig (16) es la ilustración gráfica de la estructura para la máquina secadora de café.

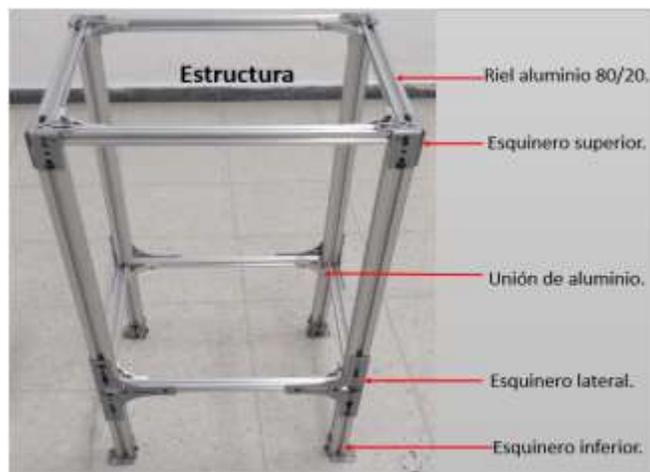


Figura 16. Estructura en aluminio para la máquina secadora.

Fuente: Recurso propio

En esta figura se evidencia la seguridad de la estructura y facilidad de ensamble ya que posee pocos accesorios y es fácil de ajustar.

6.2 Selección de los materiales y componentes

Los componentes son seleccionados pensando en las funciones y necesidades del usuario final por ende se utilizaron los siguientes materiales.

Tabla 1.

Materiales de ensamble.

DESCRIPCION	CANTIDAD	IMAGEN
Rodachin	4	
Esquinero inferior	4	
Esquinero lateral	4	
Esquinero superior	4	
Unión de aluminio	8	
Perfil de aluminio 25cm	4	

Perfil de aluminio
55cm

4



Perfil de aluminio
38cm

4



Tornillo cabeza de
botón 1/4

100



Tornillo cabeza de
botón 5/32

16



Fuente: diseño propio

6.3 Construcción de la estructura

La construcción de la máquina es realizada en perfiles de aluminio 80x20 con uniones, esquineros y rodachines de buena calidad, resistente al peso y la temperatura a la cual está expuesta la estructura, su ensamble consta de los siguientes pasos.

6.3.1 Fijación de la estructura superior: Utilizando las uniones de aluminio, tornillos de 5/32 y los perfiles de 38cm se formarán dos cuadrados. Los materiales los evidenciamos en la figura (17).



Figura 17. Elaboración de los cuadros para la estructura.

Fuente: Recursos propios.

6.3.2 Fijación de estructura inferior: Al primer cuadrado se unen los cuatro perfiles de 25cm, para fijarlos, se utilizan los cuatro esquineros laterales con la ayuda de los tornillos de $\frac{1}{4}$. La figura (18) nos permite observar los materiales antes mencionados.



Figura 18. Instalación de esquinero laterales.

Fuente: Recursos propios.

6.3.3 Fijación del sistema de rodamiento: Los cuatro perfiles de 25 cm se le instalarán con la ayuda de tornillos de $\frac{1}{4}$ los esquineros inferiores y en estos se instalan los rodachines, en la figura (19) observamos los materiales requeridos.

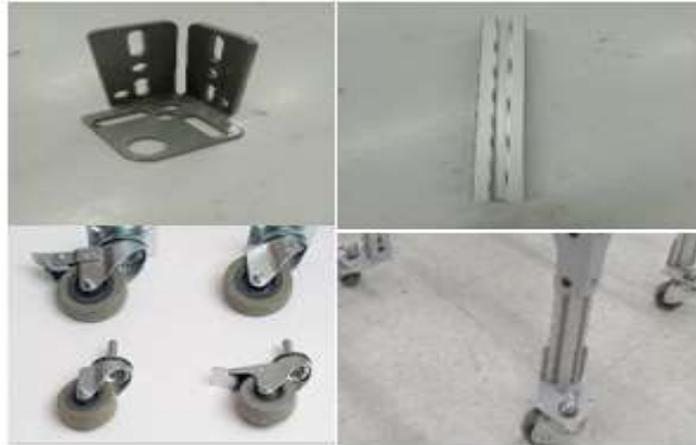


Figura 19. Ensamble de soporte estructural.
Fuente: Recursos propios.

6.3.4 Perfiles y tornillos para utilizar en el ensamble: Encima del primer cuadrado se unen los perfiles de 55 cm en cada esquina utilizando tornillos de $\frac{1}{4}$ para fijar los perfiles, en la figura (20) representa los materiales antes mencionados.



Figura 20. Perfil de 55cm.
Fuente: Recursos propios.

6.3.5 Esquineros para unir la estructura: El segundo cuadrado se sobrepone encima de los perfiles de 55cm utilizando los esquineros superiores para asegurar el cuadrado a los perfiles como se observa en la figura (21).



Figura 21. Instalación de esquinero superior.
Fuente: Recursos propios.

6.4 Implementación el sistema motriz:

La implementación e instalación de ayuda mecánica se realiza para la rotación del café, generando un secado uniforme del producto, para esto se utiliza un juego de aspas y un motor reductor que se encuentra ubicado en el centro de la cuba y en la parte superior.

Se realizaron los siguientes cálculos matemáticos para seleccionar el motor adecuado para el proceso de secado.

$$VATIOS = ((NEWTON * METRO) \left(\frac{RADIANES}{SEGUNDOS} \right))$$

Este proceso debe tener movimientos rotativos uniformes para todo el café que se encuentra dentro de la cuba, sin afectar la temperatura de secado, por tal motivo se utilizó un acoplador reductor el cual sea calculado con la siguiente fórmula matemática.

$$Rpm = \frac{\left(\frac{RADIANES}{SEG} \right) * W}{2\pi}$$

Despejando la ecuación 1 obtenemos el siguiente resultado.

$$W = ((N * METRO) \left(\frac{RADIANES}{SEGUNDOS} \right))$$

$$W = ((4)(15))$$

$$W = 60$$

Utilizando los cálculos de la ecuación 1 pasamos a calcular y despejar la ecuación 2, con la cual determinamos el acople necesario para el motor.

$$Rpm = \frac{15 \cdot 60}{2\pi} = 143.2$$

En la figura 19 se describe el diámetro y dimensión del motor que se implementó para el movimiento de las aspas en el proceso de secado del café.

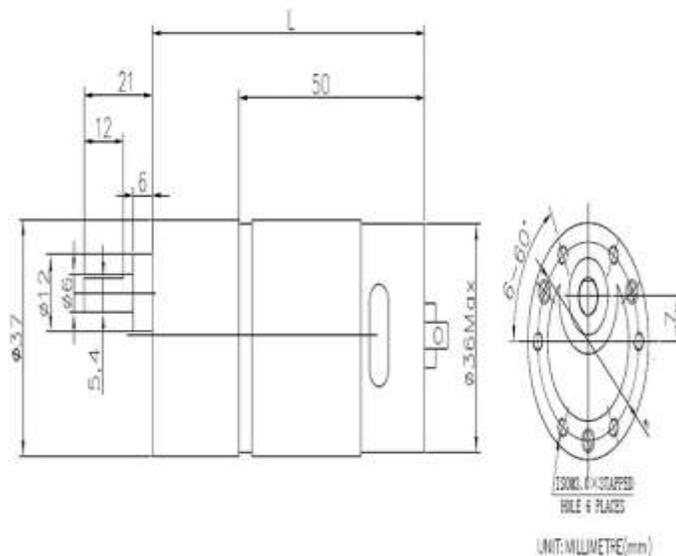


Figura 22. Dimensiones del motor seleccionado.

Fuente extraída de:

https://es.aliexpress.com/item/32871194707.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.504234ffVE03v1&algo_pvid=a861396c-e9b5-435b-bc2c-d27d5589cc47&algo_exp_id=a861396c-e9b5-435b-bc2c-d27d5589cc47-20&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2265509626130%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21COP%2195957.09%2164283.85%21%21%2146720.5%21%21%40210318bb16663080621765286e4be9%2165509626130%21sea&curPageLogUid=Q0nH71VnALsO

En la tabla 2 se describen las diferentes características del motor según el voltaje y corriente utilizada en la secadora de café.

Tabla 2.

Ficha técnica del motor seleccionado

100	Rated Volt	No Load		AT Load			STALL		Gearbox
		SPEED	CURRENT	Torque	SPEED	Current	TOGQCE	CURRENT	
	V	RPM	mA	KG.cm	RPM	A	KG.CM	A	mm
6.3	12	1000	200	0.5	800	1	3	5	19
10	12	625	200	0.8	530	1	5	5	19
19	12	332	200	1.4	280	1	9.4	5	22
30	12	208	200	1.5	176	1	15	5	22
56	12	110	200	4.5	95	1	28	5	24
90	12	70	200	7.2	58	1	35	Ban locked	24
131	12	47	200	10.5	40	1	35		26.5
168	12	37	200	13.5	30	1	35		26.5
270	12	23	200	21.6	19	1	35		26.5
506	12	12	200	35	10	1	35		29
810	12	8	200	35	6.5	1	35		29
6.3	24	2000	400	1	1660	1.9	6		11
10	24	1250	400	1.6	1050	1.9	10	11	19
19	24	660	400	3	558	1.9	19	11	22
30	24	415	400	3.9	350	1.9	30	11	22
56	24	223	400	9	187	1.9	35	Ban locked	24
90	24	140	400	14	115	1.9	35		24
131	24	95	400	20	80	1.9	35		26.5
168	24	75	400	26	62	1.9	35		26.5
270	24	46	400	35	38	1.9	35		26.5
506	24	24	400	35	20	1.9	35		29
810	24	15	400	35	13	1.9	35		29

Fuente extraída de:

https://es.aliexpress.com/item/32871194707.html?spm=a2g0o.productlist.0.0.504234ffVE03v1&algo_pvid=a861396c-e9b5-435b-bc2c-d27d5589cc47&algo_exp_id=a861396c-e9b5-435b-bc2c-d27d5589cc47-20&pdp_ext_f=%7B%22sku_id%22%3A%2265509626130%22%7D&pdp_npi=2%40dis%21COP%2195957.09%2164283.85%21%21%2146720.5%21%21%40210318bb16663080621765286e4be9%2165509626130%21sea&curPageLogUid=Q0nH71VnALsO

En la figura (23) se evidencia el motor reductor instalado en el centro de la cuba, el cual cumple la función de rotar las aspas que se encuentran dentro de la cuba.



Figura 23. Sistema automatizado de la máquina de café.

Fuente: Recursos propios.

6.5 Diseño del modelo de control lógico

6.5.1 Control lógico para la máquina secadora de café: Automatizando el proceso de secado en un ciclo de 4 horas continuas, este tiempo puede ser modificado dependiendo la presión atmosférica del área en la cual se realice el proceso de secado inicialmente se deberá monitorear el proceso hasta alcanzar un valor de 10 y 12 % de humedad indicado para garantizar una mejor calidad del producto de acuerdo con informes investigativos de la federación nacional de cafeteros.

6.5.2. Automatización del proceso: Se desarrolla por medio del software mdg-modular el cual nos permite implementar un proceso por medio de tareas, las cuales se pueden modificar realizando ajustes adecuados para asignar las diferentes variables de entradas y salidas del autómata, como se evidencia en la figura (24).

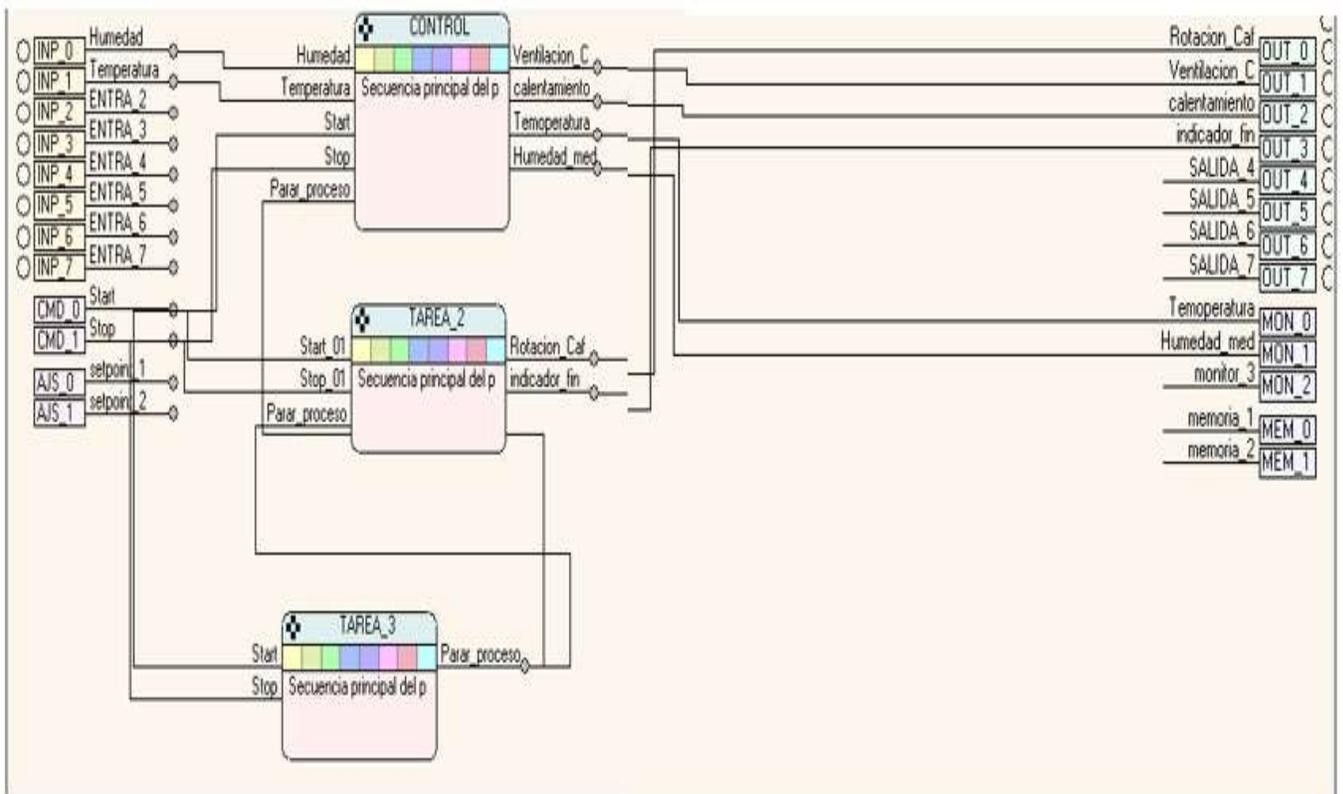


Figura 24. Asignación de tareas en el software autómata.

Fuente: Extraída del software mgd- modular, autómata amp1 (Automatización de máquina secadora)

La figura (25) es tomada del software autómeta amp1 en el cual se realiza el despliegue de cada una de las actividades que se ha implementado en cada proceso.

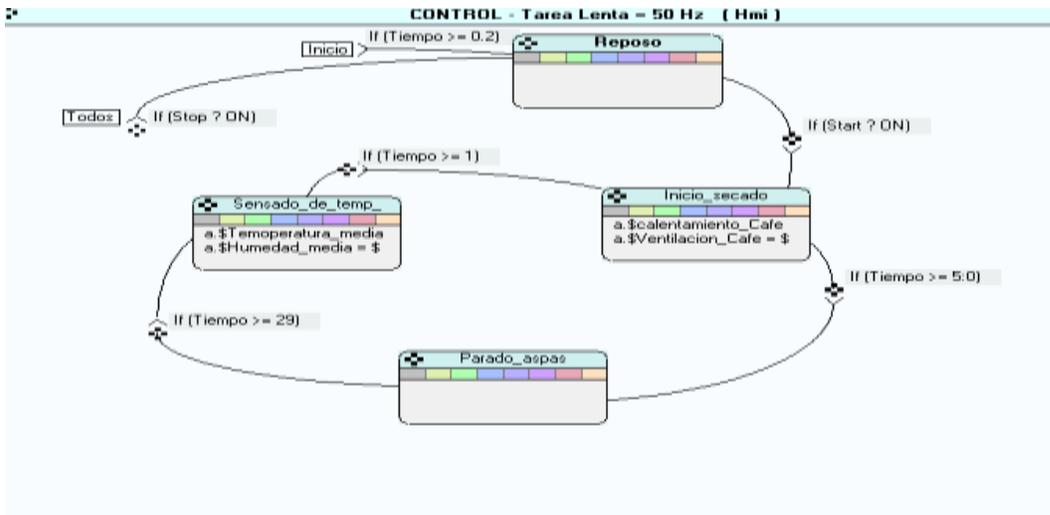


Figura 25. Funciones al iniciar el proceso.

Fuente: Extraída del software mgd- modular, autómeta amp1 (Automatización de maquina secadora)

Nota: Parametrización de la tarea herramienta de programación tomada del software mgd modular (autémeta amp1).

La figura (26) es tomada del software Mgd- Modular en el cual se establece los tiempos de funcionamiento y parada de ventiladores y resistencia, el arranque del motor, estos dependen de la temperatura y humedad censada. Si la temperatura es menor o igual a 50 grados los ventiladores y resistencia continúan encendidos durante 5 minutos y se repite el ciclo.

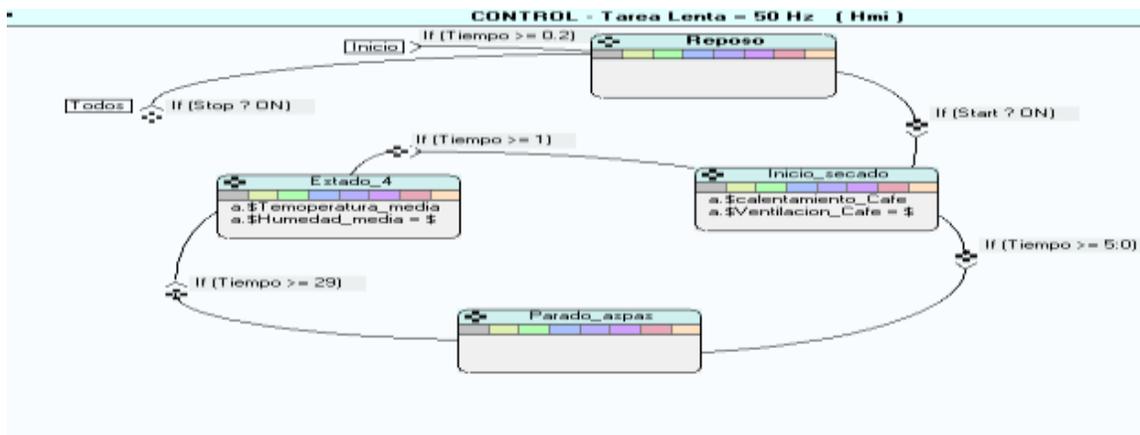


Figura 26. Condición para continuar el ciclo de calefacción.

Fuente: Extraída del software mgd- modular, autómeta amp1 (Automatización de maquina secadora).

El proceso de automatización se ha desarrollado con la oportunidad de ejecutarse desde la pantalla táctil ubicada en la estructura de la máquina o desde equipos móviles que tengan bluetooth. Para este control se ha tenido en cuenta todos los datos generados por los sensores para controlar la temperatura generada por la bobina al igual que la velocidad de los ventiladores y rotación del motor principal; en la figura (27) se observa la condición del tiempo de censado antes de continuar con la secuencia hasta terminar el proceso.

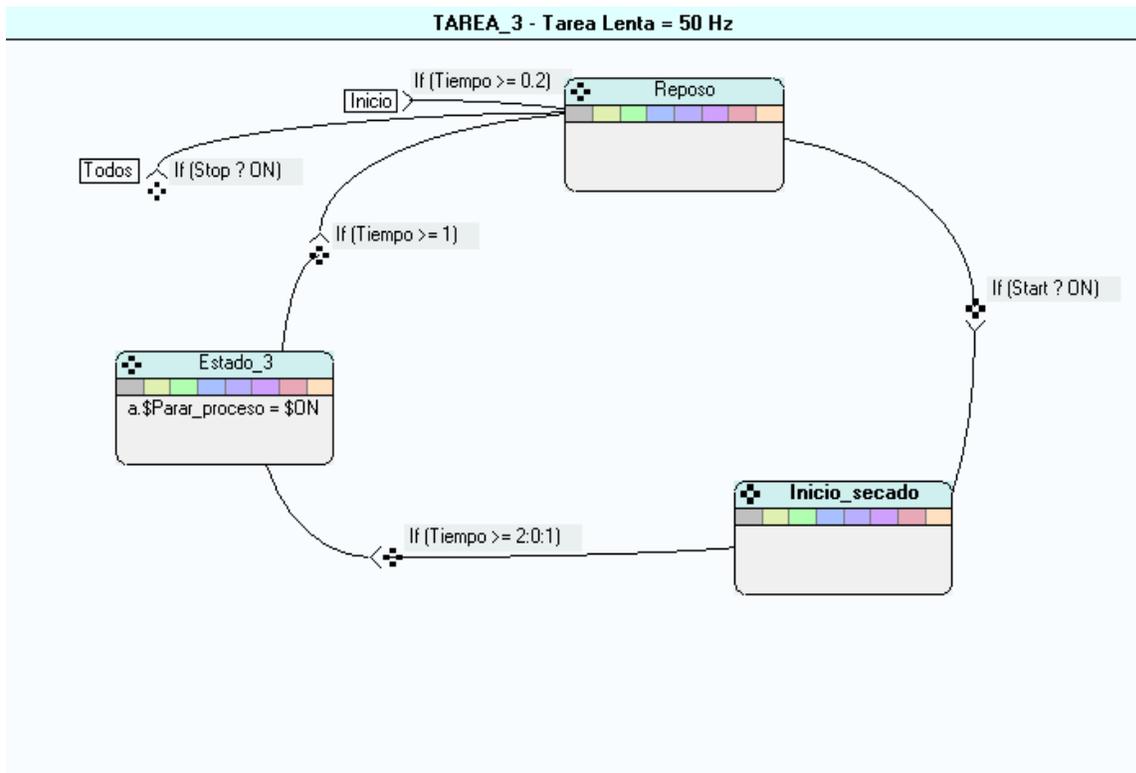


Figura 27. Secuencia del ciclo.

Fuente: Extraída del software mgd- modular, autómatas amp1 (Automatización de máquina secadora).

6.6 Diseño de la máquina de secado

La implementación de la máquina basada en las necesidades de los caficultores teniendo en cuenta su fácil manejo para el uso personal, en el diseño de esta máquina de café se manejan variables de temperatura y tiempo, con el objetivo de obtener un café con alta calidad y con un procesamiento mínimo de 5 Kg de café en producción por cada 4 horas.

La figura 28 es la representación del cilindro utilizado para el proceso del secado, internamente contiene un aspa que es controlada por el motor que se observa en la figura (28).



Figura 28. Cilindro para secado de café.

Fuente: Recurso propio.

Nota: Cilindro adecuado con espacio suficiente para 5 Kg de café.

El cilindro en su parte inferior contiene dos ventiladores encargados de direccionar el calor generado por la resistencia, ésta genera altas temperaturas que deben ser distribuidas por todo el cilindro uniformemente, por lo cual los ventiladores son instalados como se observa en la figura (29).



Figura 29. Ventiladores para el secado de café.

Fuente: Recurso propio

6.6.1 Componentes eléctricos y mecánicos: Utilizados para realizar el movimiento y secado uniforme del café: En la tabla 3 se encuentran relacionados los materiales eléctricos y mecánicos, utilizados en la fabricación de la máquina secadora de café.

Tabla 3.

Ayudas mecánicas

DESCRIPCION	CANTIDAD	IMAGEN
Motor reductor 60W	1	
Acople para motor(acero)	1	
Aspas de acero inoxidable 8*8	4	
Maya secado de lecho fluidizado	1	
Resistencia de ferroníquel de 28 a 30	1	
Ventiladores	2	

Cuba en acero inoxidable

1



Sensor de temperatura

1



Sensor DHT 11

1



Controlador amp1-g 8u4q4b

1



Fuente: diseño propio

6.7 Montaje del tablero de control

La selección de la ubicación del tablero de control instalado. será en un lugar estratégico visible y de fácil acceso para obtener control de la máquina.

Un tablero de control eléctrico es un gabinete el cual contiene en su interior diferentes elementos de control (CTL), potencia (POT), medición y protección los cuales están encargados de accionar y proteger los diferentes actuadores de la máquina.

Para diseñar un gabinete de control eléctrico es necesario conocer las normas técnicas a nivel eléctrico que existen en Colombia como lo es RETIE (reglamento técnico de instalaciones eléctricas), en este se encuentran las normas que regulan y garantizan la eficiencia, seguridad tanto de las personas, plantas y animales, generando confiabilidad en las instalaciones.

Cada conductor que se instale en el tablero sea en el controlador o en las borneras de los elementos de protección debe conectar con terminal que puede ser a presión o de sujeción por

tornillo.

El alambrado del tablero debe cumplir el código de colores establecido en el presente reglamento tanto para la parte de Extra-baja como de baja tensión

Los circuitos de alimentación del control deben de estar debidamente marcados con el fin de facilitar las labores de mantenimiento. (Borja Ramirez, 2017)

6.8 Hardware de automatización

Para la elaboración de la máquina de secado de café se ha implementado el controlador programable AMP1-G 8U4Q4B. Que es un dispositivo versátil, rápido con amplios campos de aplicabilidad y de fácil programación es un dispositivo microelectrónico orientado a la implementación de múltiples aplicaciones de control lógico y de variables continuas con manejo directo de potencia y amplio rango sin necesidad de controladores adicionales. (tecvolucion.net, s.f.).

En la figura 28 se observa el controlador utilizado para automatizar la máquina secadora de café este autómata nos permite la integración con otros equipos que cumplan con la función de maestro y que se comuniquen mediante el protocolo modbus RTU, las conexiones de entradas y salidas de acuerdo al diagrama que se observa en la figura (30).



Figura 30. Controlador AMP1-G.

Fuente: <https://www.tecvolucion.net/wp/amp1-e-8u4q4b/>

6.8.1 Descripción del autómata programable: Es un dispositivo microelectrónico orientado a la implementación de múltiples aplicaciones de control, este tiene las siguientes conexiones. Power +Ve, Power +Vd., Power Gnd = alimentación del controlador programable entre 12 y 50 VDC. Se enciende el LED verde al energizar. Bus B rt -, Bus A Rt+ = bus de comunicación RS485 para programación y enlace con SCADA. 4I, 4A = entradas de instrumentación, compuestas por red RC con protección, sus valores serán 0 a 4095 y pueden leer voltajes en el rango de 0 a 20 voltios. También pueden recibir señales de 4 a 20 mA, termistores de 10k, pulsadores o sensores PNP. VBat, Gnd = Conexión de batería de 12 voltios hasta de 20 amperios hora de plomo ácido o SLA. Bajo cambios en la programación permite la conexión de super capacitores. 4Q = transistor NPN. Significa que tiene 8 salidas optoaisladas por transistor del tipo de canal negativo con capacidad de carga de hasta 20 amperios, hasta 40 VDC, por lo que la carga debe estar conectada entre la fuente positiva y la salida. Puede modular PWM, tren de ondas, tren de pulsos y disparo por ángulo de fase. 4B = Transistor puente H. Significa que tiene 4 salidas tipo pushpull por transistor con capacidad de carga de hasta 20 amperios, hasta 40 VDC, por lo que la carga puede estar conectada entre dos salidas. Puede modular PWM, tren de ondas y tren de pulsos con doble polaridad, lo cual permite cambiar el sentido de giro de motores DC y hacer aplicaciones de inversión de voltaje para manejo de motores AC. (**tecvolucion.net, s.f.**)

6.8.2 Diagrama de conexión autómata programable: En la figura (31) se describe el diagrama de conexión del autómata programable amp1-g 8u4q4b con respecto a los diferentes componentes que se utilizan para este montaje. 3 diagrama de conexión autómata programable: En la figura 30 se describe el diagrama de conexión del autómata programable amp1-g 8u4q4b con respecto a los diferentes componentes que se utilizan para este montaje.

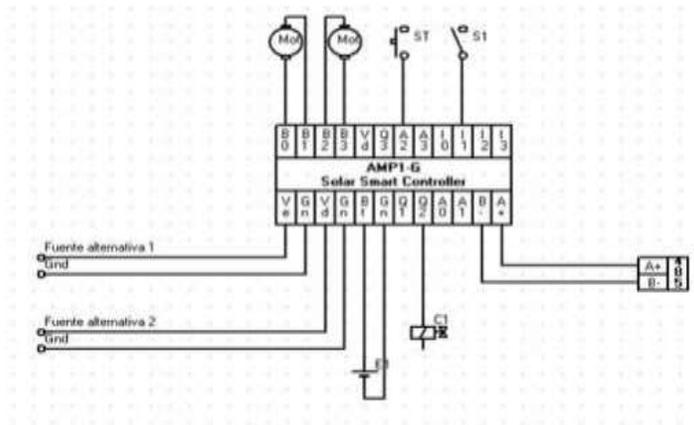


Figura 31. Conexiones del AMP1-G.
Fuente extraída de <https://www.tecvolucion.net/wp/amp1-e-8u4q4b/>

6.9 Software del controlador.

Microgrades es una plataforma de desarrollo, constituida por módulos de hardware, entornos de software y metodologías, para el diseño de sistemas microelectrónicos, los cuáles se usan en aplicaciones domésticas, médicas, de ocio, comerciales, industriales y de servicios. (Tecvolución S.A.S, s.f.).

El entorno de desarrollo Mgd- Modular, es una herramienta de tecnología Micro grades, basada en la programación de microcontroladores con sistema operativo colaborativo y entorno gráfico de programación (Tecvolución S.A.S, s.f.).

En este software podemos encontrar la siguiente lista de características técnicas del autómata.

Alimentación: 10 a 50 Voltios DC.

Capacidad de corriente total: 80 Amperios.

Entradas de alimentación: 2 entradas de voltaje DC hasta de 40 Amperios cada una.

Conexión de batería: de 12 voltios hasta 40 Ah, plomo-ácido.

Tipo de carga a la batería: Carga a corriente constante, absorción, flotación, recuperación.

Entradas de instrumentación: 8 Análogo-digitales de 12 bits.

Tipo de entradas: Red RC con protección por sobrevoltaje.

Máximo voltaje 60 Voltios entrada.

Máxima frecuencia 50 kHz entrada.

Salidas por transistor: 4 tipo positivo con PWM optoaisladas.

Máxima corriente por cada salida transistor: 10 Amperios.

Máximo voltaje de salida transistor: 50 Voltios de corriente directa.

Máxima frecuencia de salida: 100 kHz. Salidas por puente H: 4 por PWM bidireccional.

Máxima corriente por cada salida puente H: 10 Amperios.

Máximo voltaje de salida puente H: 50 Voltios.

Máxima frecuencia de salida puente H: 100 kHz.

Comunicación inalámbrica: Tipo Bluetooth clase B.

Comunicación cableada: RS485 EIA 485 A.

Protocolo de comunicación cableada: Modbus RTU compartido con programación.

Programación: Gráfica desde Mgdmod, utilizando máquinas de estado.

Rango de temperaturas de operación: -10 a 80 grados Celsius.

Humedad relativa máxima: 80%. Dimensiones 100 x 82 x 40 mm x mm x mm.

Número máximo de tareas: Hasta 24 bloques funcionales.

Número de estados por tarea: Hasta 64 cada uno con ilimitado número de maniobras.

(tecvolucion.net, s.f.).

Ventajas y limitaciones de Microgrades

La Programación gráfica disminuye los tiempos de desarrollo y centra la atención en el problema.

La programación en línea evita muchas fallas. •

La conexión automática de dispositivos virtuales evita errores de sintaxis y facilita la modularidad. •

La emulación en tiempo real permite hacer un seguimiento exacto de la operación del sistema.

La limitación en las capacidades del entorno de desarrollo depende de los parámetros del MCU.

(tecvolucion.net, s.f.)

En la figura (32) es la imagen de presentación del software para el controlador.



Figura 32. Software del controlador.

Fuente extraída de <https://www.tecvolucion.net/wp/amp1-e-8u4q4b/>

6.10 Establecimiento del proceso de funcionalidad:

El tiempo de secado es de 4 horas continuas para un secado adecuado del café, para el desarrollo de este ciclo se ha considerado la temperatura máxima de 50 c°, la cual no puede ser superada para realizar un secado adecuado. Para lograr esta condición se han creado parámetros de programación logrando que la bobina, ventiladores y motor trabajen de manera sincrónica con los sensores, garantizando la temperatura adecuada.

6.11 Manejo de software de control:

Es el medio por el cual tenemos la oportunidad de transmitir la orden a la máquina para que realice una función bajo ciertos parámetros, en la figura 33 se observa la facilidad de interactuar con el autómata mediante la aplicación MgdMod, y con la ayuda de la herramienta App inventor ideal para ser descargada al teléfono celular o cualquier otro dispositivo de comunicación android, con el que se desea establecer comunicación mediante bluetooth y de esta manera lograr desde la interfaz modificar y programar nuevas tareas para el mejoramiento del proceso de automatización teniendo un incremento económico y competitivo en la industria, lo cual es traducido en economía y calidad de vida.

La figura (33) es la estructura de hardware y software necesario para la integración de nuevas tareas o ajustes de los parámetros actuales del proceso de secado.

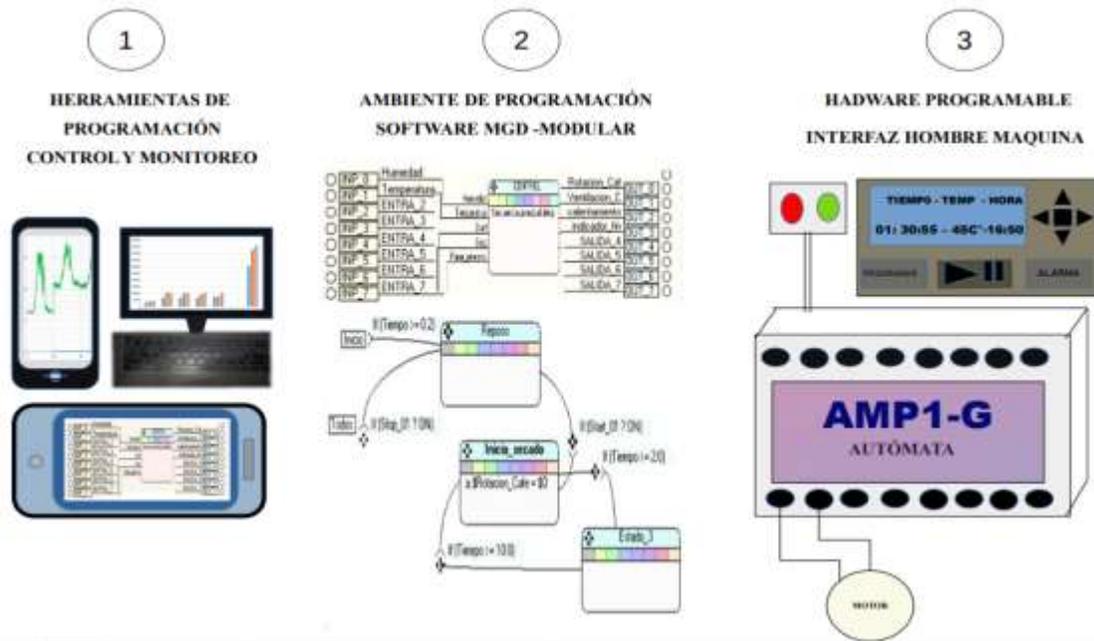


Figura 33. Diagrama de control.

Fuente: Diseño propio.

Nota: el diagrama se divide en tres partes las cuales describen los pasos para parametrizar las funciones a ejecutar con el autómata.

6.11.1 App inventor: Es un entorno de programación que permite crear aplicaciones móviles de forma muy sencilla, por lo que es accesible a todo el mundo, incluso a los niños. App inventor está diseñado para programar aplicaciones sencillas, pero totalmente funcionales para smartphones y tablets de dispositivos Android.

Ventajas

Herramienta 100 % gratuita.

Permite crear aplicaciones directamente desde tu navegador web, solo necesitas acceder a su página web y crear en línea.

Aprendizaje visual por bloques de código

Se caracteriza porque puedes desarrollar un software en poco tiempo

Es intuitivo.

Fácil de aprender.

7 Conclusiones

Las condiciones atmosféricas juegan una parte importante en el secado de café, lo cual varía el tiempo de secado, por esta razón se deberá observar el proceso inicialmente y ajustar los parámetros de programación de acuerdo con las condiciones de la región.

Se debe garantizar un flujo adecuado de aire y movimiento del café para lograr que el secado sea uniforme en todo proceso cumpliendo el estándar del producto.

El método que se utiliza para el secado puede ser algo brusco para el café, pero realizando bien el proceso sin pasarse de los 50°C y monitoreando sus estados de temperatura y humedad se logra un secado adecuado para garantizar la calidad.

El producto será de una excelente calidad, siempre y cuando se hayan llevado a cabo buenas prácticas en todas las operaciones y procesos del secado.

8 Recomendaciones

La automatización del proceso de secado podrá ser mejorado en cuanto al tiempo del proceso y la capacidad del cilindro, aportando al mejoramiento y competitividad de las comunidades productoras de café a nivel personal.

Las condiciones atmosféricas varían dependiendo de la zona por lo cual se ve afectado el proceso de secado, esto se evidencia específicamente en el tiempo estimado para el secado del café, para una futura mejora del proyecto se recomienda utilizar métodos que permita automatizar el proceso de manera autónoma sin importar la zona.

La cantidad de café no debe ser mayor a la establecida por los fabricantes, esto podría afectar el funcionamiento de la máquina ya que no está diseñada para operar con cantidades superiores a 5kg

Procedimiento de secado.

El operador de la secadora de café debe de energizar la máquina para su debida operación.

Colocar en la cuba la cantidad de café requerida no mayor a 5 Kg.

Dar inicio al proceso de secado.

Monitorear el proceso de secado validando constantemente los valores de temperatura y humedad para así determinar en qué momento se debe detener el proceso, para lograr la contextura adecuada del producto.

Nota: No conecte la alimentación del controlador programable a voltajes de corriente alterna o a voltajes mayores a 50V DC.

El diagrama de flujo para el proceso de secado de café lo observamos a continuación en la figura (34).

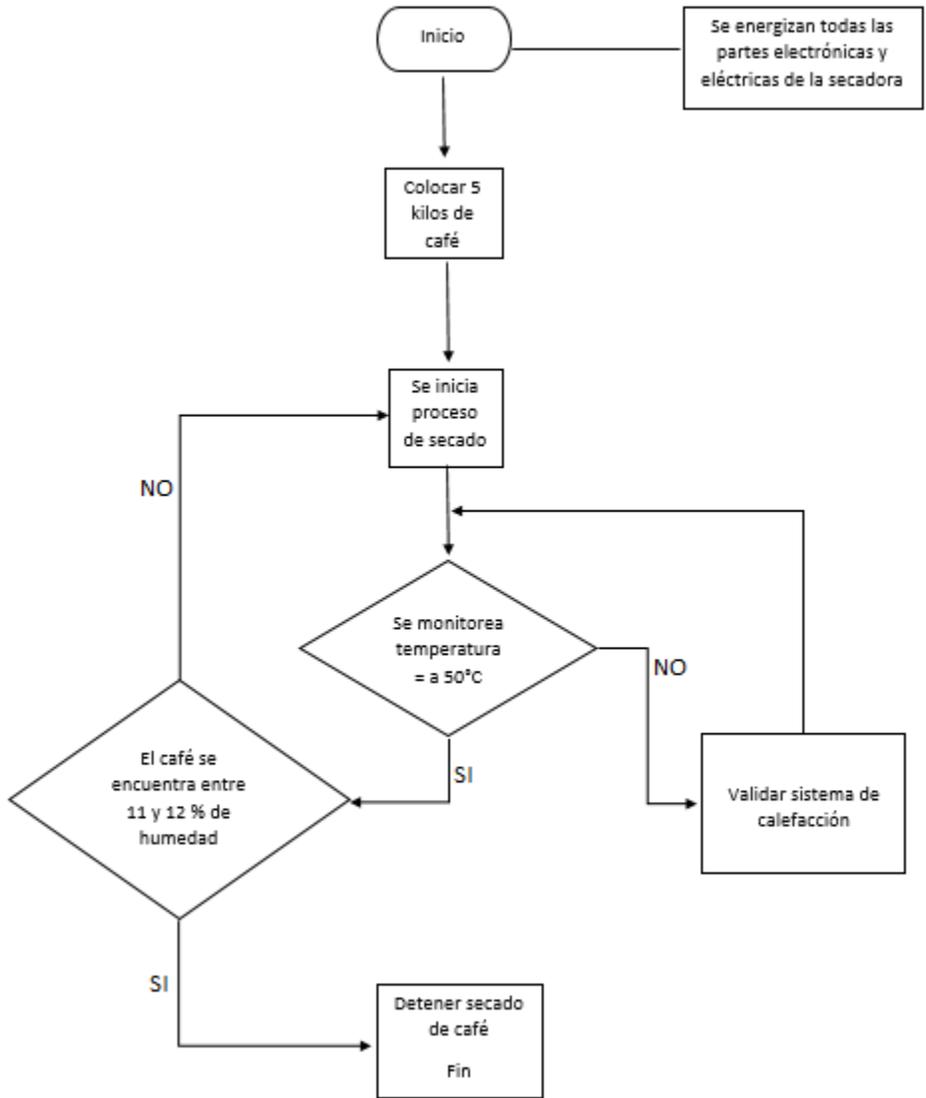


Figura 34. Proceso secado de café
Fuente: Diseño propio.

9 Referencias bibliográficas

Borja Ramírez , S. D. (13 de 07 de 2017). *Diseño e implementación de tablero de control eléctrico para maquina multiformadora*. Obtenido de Repositorio ITM:
<https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/2099>

Aosong. (s.f.). *Temperature and humidity module*. Obtenido de www.Aosong.com:
<https://akizukidenshi.com/download/ds/aosong/DHT11.pdf>

Balbas Garcia, F. J. (2017). *Sistemas de energia eléctrica en alta tensión*. Obtenido de https://books.google.com.co/books?id=xmI3DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica&f=false

BBVA. (01 de 01 de 2022). *Qué es el combustible fósil*. Obtenido de BBVA:
<https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-el-combustible-fosil-la-energia-que-se-obtiene-de-la-materia-organica/>

Borja Ramirez, S. D. (13 de 07 de 2017). *Repositorio ITM*. Obtenido de <https://repositorio.itm.edu.co/handle/20.500.12622/2099>

EcuRed. (2022). *Pila electroquímica*. Obtenido de https://www.ecured.cu/index.php?title=Pila_electroqu%C3%ADmica&action=history&year=2022&month=-1&tagfilter=

federacion de cafeteros. (2015). Obtenido de Cenicafe:
https://www.cenicafe.org/es/publications/cartilla_21._Secado_del_cafe.pdf

Federacion Nacional de Cafeteros. (08 de 2017). Obtenido de Fondo Nacional del Café:
<https://caldas.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/11/2020/08/AVT0482-Construcci%C3%B3n-de-secadores-solares-tipo-t%C3%BAnel-con-nuevos-materiales.pdf>

Federacion Nacional de cafeteros de Colombia. (12 de 2000). Obtenido de Cenicafé:
<https://caldas.federaciondecafeteros.org/app/uploads/sites/11/2020/07/AVT0282-El-secado-mec%C3%A1nico-del-caf%C3%A9..pdf>

Flexfuel. (s.f.). *El sistema de transmisión*. Obtenido de Flexfuel: <https://www.flexfuel-company.es/el-sistema-de>

10 Anexos

Anexo A. Programa para autómeta.

```
/*-----  
*/  
// Programa para automata Amp17 con Gt16 MgdCore Vr. 0302  
// Desarrollado por Microgrades Team.  
  
/*-----  
*/  
#define CONTROL_S1 1  
#define SEQ_START_S1 0  
#define REPOSO_S1 1  
#define INICIO_SECADO_S1 2  
#define PARADO_ASPAS_S1 3  
#define ESTADO_4_S1 4  
#define TAREA_2_S2 2  
#define SEQ_START_S2 0  
#define REPOSO_S2 1  
#define INICIO_SECADO_S2 2  
#define ESTADO_3_S2 3  
#define TAREA_3_S3 3  
#define SEQ_START_S3 0  
#define REPOSO_S3 1  
#define INICIO_SECADO_S3 2  
#define ESTADO_3_S3 3  
  
const unsigned char plantilla_0[] = { 0x20, 0x20, 0x4D, 0x69, 0x63, 0x72, 0x6F, 0x67, 0x72, 0x61,  
0x64, 0x65, 0x73, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20,  
0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20, 0x20 };  
const unsigned char plantilla_1[] = { 0x56, 0x61, 0x72, 0x69, 0x61, 0x62, 0x6C, 0x65, 0x20, 0x31,
```

```
0x3A, 0x20, 0xF0, 0xE0, 0xD0, 0x80, 0x56, 0x61, 0x72, 0x69,  
    0x61, 0x62, 0x6C, 0x65, 0x20, 0x32, 0x3A, 0x20, 0xF1, 0xE1, 0xD1, 0x81 };
```

```
/*-----*/
```

```
void Temporal(void){  
}
```

```
void Tarea_Lenta_1(void){  
    m_resetVar(m_outputOpr(2));  
    m_resetVar(m_outputOpr(1));  
    m_secuencia(CONTROL_S1)  
    {  
        m_estado(SEQ_START_S1):  
            if(m_temporEstado(CONTROL_S1) >= 10)  
                m_transicion(CONTROL_S1, REPOSO_S1);  
            break;  
        m_estado(REPOSO_S1):  
            if(m_netinpOpr(0))  
                m_transicion(CONTROL_S1, INICIO_SECADO_S1);  
            break;  
        m_estado(INICIO_SECADO_S1):  
            m_setVar(m_outputOpr(2));  
            m_setVar(m_outputOpr(1));  
            if(m_temporEstado(CONTROL_S1) >= 15000)  
                m_transicion(CONTROL_S1, PARADO_ASPAS_S1);  
            break;  
        m_estado(PARADO_ASPAS_S1):  
            if(m_temporEstado(CONTROL_S1) >= 1450)  
                m_transicion(CONTROL_S1, ESTADO_4_S1);  
            break;  
        m_estado(ESTADO_4_S1):  
            m_writeVar(m_netoutOpr(0), m_inputVar(1));
```

```

m_writeVar(m_netoutOpr(1), m_inputVar(0));
if(m_temporEstado(CONTROL_S1) >= 50)
    m_transicion(CONTROL_S1, INICIO_SECADO_S1);
break;
default:
    m_transicion(CONTROL_S1, SEQ_START_S1);
}
if((m_netinpOpr(1)) || (m_varintOpr(0)))
    m_transicion(CONTROL_S1, REPOSOS_S1);
m_finSecuencia(CONTROL_S1);
}

```

```

void Tarea_Lenta_2(void){
m_resetVar(m_outputOpr(0));
m_secuencia(TAREA_2_S2)
{
m_estado(SEQ_START_S2):
if(m_temporEstado(TAREA_2_S2) >= 10)
    m_transicion(TAREA_2_S2, REPOSOS_S2);
break;
m_estado(REPOSOS_S2):
if(m_netinpOpr(0))
    m_transicion(TAREA_2_S2, INICIO_SECADO_S2);
break;
m_estado(INICIO_SECADO_S2):
m_setVar(m_outputOpr(0));
if(m_temporEstado(TAREA_2_S2) >= 6000)
    m_transicion(TAREA_2_S2, ESTADO_3_S2);
break;
m_estado(ESTADO_3_S2):
if(m_temporEstado(TAREA_2_S2) >= 30000)
    m_transicion(TAREA_2_S2, INICIO_SECADO_S2);
}
}

```

```

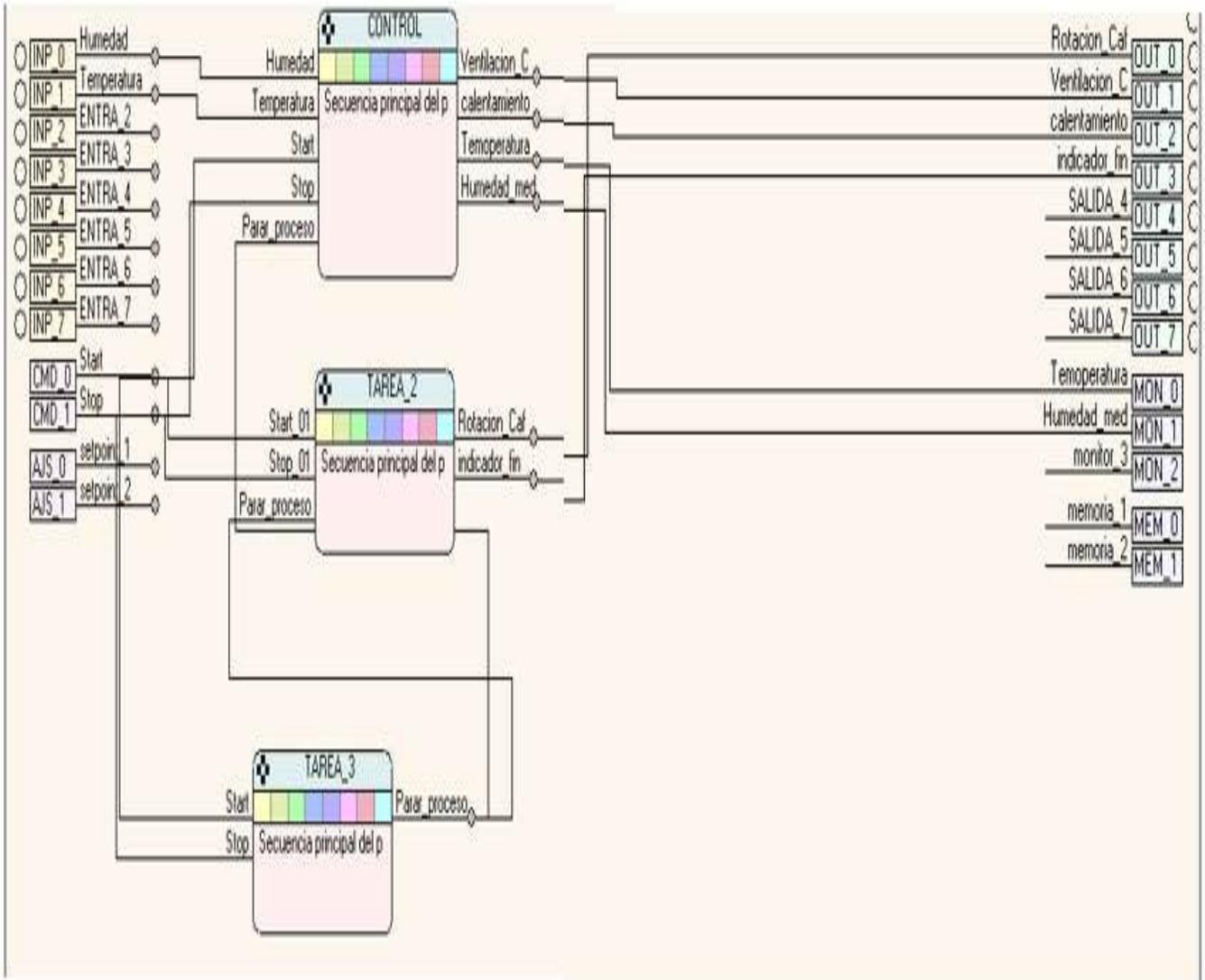
    break;
default:
    m_transicion(TAREA_2_S2, SEQ_START_S2);
}
if((m_netinpOpr(1)) || (m_varintOpr(0)))
    m_transicion(TAREA_2_S2, REPOSO_S2);
m_finSecuencia(TAREA_2_S2);
}
void Tarea_Lenta_3(void){
    m_resetVar(m_varintOpr(0));
    m_secuencia(TAREA_3_S3)
    {
        m_estado(SEQ_START_S3):
            if(m_temporEstado(TAREA_3_S3) >= 10)
                m_transicion(TAREA_3_S3, REPOSO_S3);
            break;
        m_estado(REPOSO_S3):
            if(m_netinpOpr(0))
                m_transicion(TAREA_3_S3, INICIO_SECADO_S3);
            break;
        m_estado(INICIO_SECADO_S3):
            if(m_temporEstado(TAREA_3_S3) >= 360050)
                m_transicion(TAREA_3_S3, ESTADO_3_S3);
            m_basetiempo_(m_getClock(2));
            break;
        m_estado(ESTADO_3_S3):
            m_setVar(m_varintOpr(0));
            if(m_temporEstado(TAREA_3_S3) >= 50)
                m_transicion(TAREA_3_S3, REPOSO_S3);
            break;
        default:
            m_transicion(TAREA_3_S3, SEQ_START_S3);
    }
}

```

```
}
    if(m_netinpOpr(1))
        m_transicion(TAREA_3_S3, REPOSO_S3);
    m_finSecuencia(TAREA_3_S3);
}
void Tarea_Lenta_4(void){
}
void Tarea_Lenta_5(void){
}
void Tarea_Lenta_6(void){
}
void Tarea_Lenta_7(void){
}
void Tarea_Lenta_8(void){
}
void Tarea_Lenta_9(void){
    ifazout_0_();
    ifazout_1_();
    ifazout_2_();
    ifazout_3_();
    ifazout_4_();
    ifazout_5_();
    ifazout_6_();
    ifazout_7_();
}
void Tarea_Normal(void){
}
void Tarea_Snc_Rapida(void){
}
void Tarea_Pre_Rapida(void){
}
void Tarea_Post_Rapida(void){
```

```
}  
void Tarea_Veloz(void){  
}  
void Tarea_Energiza(void){  
}  
void Tarea_Inicio(void){  
}  
//No debe haber ENDIF al final  
//FINISH = 21 Ciclos  
***** SALIDA DEL COMPILADOR *****
```

Anexo B. Diagrama entradas y salidas.



Anexo C. Máquina de estado.

