



**Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA  
PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA  
GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros en Electromecánica.

**AUTORES:**

Cuasquer Salazar Christian Camilo

Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo

**TUTOR:**

Ing. Vásquez Carrera Paco Jovanni M.Sc.

**LA MANÁ-ECUADOR  
FEBRERO-2020**

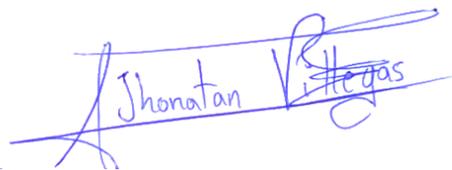
## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Cuasquer Salazar Christian Camilo con pasaporte FB394843 y Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo con cédula de ciudadanía 172692166-9 declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”, siendo Ing. Vásquez Carrera Paco Giovanni M.Sc. 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.



Christian Camilo Cuasquer Salazar  
Pasaporte: FB394843



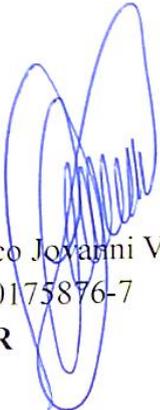
Jhonatan Alfredo Villegas Marcillo  
C.I: 172692166-9

## AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”, de Christian Camilo Cuasquer Salazar y Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que el presente trabajo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, febrero del 2020.



Ing. Paco Jovanni Vásquez Carrera M.Sc.  
C.I: 050175876-7  
**TUTOR**

## **AVAL DE IMPLEMENTACIÓN**

En calidad de administrador de la asociación de Producción Agrícola de Cacao Nacional La Maná “ASOPROCANAM” certifico que mediante el proyecto de investigación:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”.

Los señores Cuasquer Salazar Christian Camilo con pasaporte FB394843 y Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo con cédula de ciudadanía 172692166-9, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná, certifico que los solicitantes han desarrollado e implementado el tema de investigación satisfaciendo las expectativas establecidas.

Es todo en cuanto tengo que certificar se expide el presente documento para que los interesados puedan hacer uso en fines que crea convenientes.

Atentamente,

  
Sr. Galo Tarquino Soria Paula  
C.I: 050188754-1



Dirección: Km. 15 de la vía Guayacán, Pucayacu, Recinto El Copal  
Teléfono: 033048068; celular 0996576981; e-mail: gasuwido@gmail.com

## 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 Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Cuasquer Salazar Christian Camilo con pasaporte FB394843 y Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo con cédula de ciudadanía 172692166-9 con el título de Proyecto de Investigación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ” 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.

La Maná, febrero del 2020.

Para constancia firman:

Ing. Alex Paredes Anchatipán M.Sc.  
C.I: 050361493-5  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**

Ing. Danilo Trujillo Ronquillo M.Sc  
C.I: 180354732-0  
**LECTOR 2**

Ing. William Hidalgo Osorio M.Sc  
C.I: 050265788-5  
**LECTOR 3 (SECRETARIO)**

## **AGRADECIMIENTO**

*Agradezco principalmente a Dios y a mi familia por haberme dado la oportunidad de formarme en esta prestigiosa institución y haber sido mi sostén durante todo este tiempo. De modo especial a mi tutor de tesis Ing. Vásquez Carrera Paco Giovanni M.Sc. por haber guiado en la elaboración de este trabajo de titulación.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.*

***Jhonatan***

## **AGRADECIMIENTO**

*Mi enorme gratitud está dirigida principalmente a Dios por ser mi motivación, permitiéndome llegar hasta este momento importante de mi formación académica, por darme salud, amor y todas las esperanzas necesarias para superar los muchos obstáculos que se presentaron en esta carrera.*

*A mi Madre Amanda Salazar, a Carolina Espinoza, a mis hermanos Dayana, Bayron y Yeraldine Cuasquer. Todos ellos son un pilar fundamental en mi formación académica, los significados importantes que se requieren para vivir una vida haciendo las cosas correctamente las aprendí de ellos, hoy tengo todas las ganas y fuerzas para lograr todas las metas que me proponga y ser un orgullo para ellos, sin su ayuda y apoyo esto no sería una realidad.*

*“Y todo lo que hacéis, sea de palabra o, de hecho, hacedlo todo en el nombre de señor Jesús, dando gracias a Dios padre por medio de él.”*

*Colosenses 3:17*

**Christian**

### ***DEDICATORIA***

*El presente trabajo de titulación está dedicado principalmente a Dios y mi familia, por haber sido mi sostén a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.*

***Jhonatan***

### **DEDICATORIA**

*Este proyecto se lo dedico primeramente al creador de todas las cosas, Dios quien es el motor fundamental de mi vida, y siempre será la guía en mi camino, enseñándome a enfrentar las adversidades sin nunca perder la dignidad ni desfallecer en el intento, por estar a mi lado en los momentos difíciles que se presentan, por permitirme llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.*

*A mi Madre, Amanda Salazar por su apoyo incondicional, quien me ha dado valores y principios excepcionales.*

*A Carolina Espinoza por su apoyo incondicional, por sus múltiples consejos, por enseñarme a que Dios siempre es lo más importante en la vida.*

*A mis hermanos, Dayana, Bayron y Yeraldine, gracias por su preocupación por mí, por estar presentes acompañándome en todo momento para poderme realizar, por su apoyo y sus consejos.*

**Christian**

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”.

**AUTORES:**

Christian Camilo Cuasquer Salazar

Jhonatan Alfredo Villegas Marcillo

## RESUMEN

El presente proyecto tuvo como objetivo principal implementar un sistema de control automático de temperatura y humedad mediante el uso de un módulo lógico LOGO, para el secado de cacao en un invernadero de la parroquia Guasaganda del cantón La Maná, el cual nace a través de la problemática que existen en las técnicas de secado de los granos de cacao debido a las condiciones climáticas, las cuales alargan el tiempo de secado con el riesgo de la aparición de moho en el producto, así disminuye notoriamente el precio de venta. La finalidad dentro del proceso de secado es reducir la humedad de los granos, para su ejecución se recurrió a la recopilación de información necesaria para identificar los parámetros que influyen en el secado de los granos de cacao; considerando dos de ellos: la temperatura y humedad dentro del recinto; una vez identificadas las variables se recurrió a identificar los componentes: eléctricos, electrónicos y electromecánicos; posteriormente se realizó el diseño del sistema de control, empleando programas como: *CADe\_SIMU* para diseñar el circuito de mando y potencia y LOGO soft Comfort V8, para su respectiva programación; y por último la implementación de los elementos que conforman el sistema de control automático. En conclusión, el control automático logra un secado adecuado, mejorando así el proceso de secado de los granos de cacao, logrando obtener un producto de calidad cumpliendo con requisitos técnicos según la norma INEN 176, mediante este sistema de control el usuario puede tener acceso directo al controlador MT-530E donde puede configurar la temperatura y humedad deseada creando un menú según desee. Las pruebas de campo arrojaron datos precisos, llegando a controlar temperaturas desde los 35 °C hasta los 50 °C, además comprobando que su viabilidad económica es positiva arrojando un TIR de 118 % y un VAN mayor a 0, lo que demuestra que el proyecto es ejecutable.

**Palabras clave:** proceso, secado, control automático, implementación, viabilidad económica.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE:** “IMPLEMENTATION OF AN AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL FOR DRYING CACAO IN A GREENHOUSE FROM GUASAGANDA PARISH, LA MANÁ CANTON”.

**AUTHORS:**

Christian Camilo Cuasquer Salazar

Jhonatan Alfredo Villegas Marcillo

## ABSTRACT

The main objective of this project was to implement an automatic temperature and humidity control system using a logic module called LOGO for drying cacao in a greenhouse in Guasaganda parish in La Maná canton. This system was created because of the problems that exist in cacao beans drying techniques due to climatic conditions which lengthen the drying time with the risk of the appearance of mold on the product, thus, reducing significantly the selling price. The purpose of drying process is to reduce the moisture-content of the beans. To execute the project, the necessary information was collected to identify the parameters that influence the drying of cacao beans; two of these parameters were: temperature and humidity in the recinto, so once the variables had been identified; the electrical, electronic, and electromechanical components were identified. Then, the control system was designed by using programs such as CAdE\_SIMU for designing the control and power circuit and LOGO soft Comfort V8 for programming it. Lastly, the implementation of the elements which define the automatic control system. In conclusion, the automatic control system achieves an adequate drying, so improving the drying process of cacao beans and obtaining a quality of the product that complies with technical requirements according to INEN 176 standard. Through this control system, the user can have direct access to the MT-530E controller where temperature and humidity can be configured, creating a desired menu. The field tests gave accurate data, reaching temperatures from 35 °C to 50 °C, also verifying that its economic viability is positive and giving an IRR of 118 % and a NPV more than 0 which shows that the project is executable.

**Keywords:** process, drying, automatic control, implementation, economic viability.

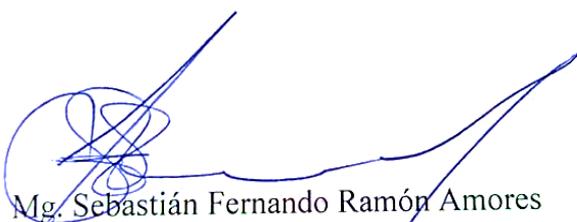
## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los estudiantes Egresados de la Carrera de Ingeniería Electromecánica de la Facultad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, Cuasquer Salazar Christian Camilo con pasaporte FB394843 y Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo con cédula de ciudadanía 172692166-9, cuyo título versa “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo las peticionarias hacer uso del presente certificado de la manera ética que consideren conveniente.

La Maná, febrero del 2020.

Atentamente,



Mg. Sebastián Fernando Ramón Amores

C.I: 050301668-5

**COORDINADOR CENTRO DE IDIOMAS**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA .....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
DEDICATORIA .....	viii
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xii
ÍNDICE GENERAL.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xvii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xx
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
1.1. Título del proyecto: .....	1
1.2. Fecha de inicio:.....	1
1.3. Fecha de finalización:.....	1
1.4. Lugar de ejecución: .....	1
1.5. Unidad Académica que auspicia: .....	1
1.6. Carrera que auspicia: .....	1
1.7. Equipo de trabajo:.....	1
1.8. Área de conocimiento:.....	1
1.9. Línea de investigación:.....	1
1.10. Sub líneas de investigación de la carrera.....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO .....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO .....	3
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:.....	3
5.1. Planteamiento del problema .....	3

5.2.	Formulación del problema.....	4
6.	OBJETIVOS:.....	4
6.1.	Objetivo general .....	4
6.2.	Objetivos específicos.....	4
7.	ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	5
8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	6
8.1.	Antecedentes.....	6
8.2.	Fundamentación teórica.....	6
8.2.1.	Descripción de la palabra cacao .....	6
8.2.2.	Variedades de cacao .....	7
8.2.3.	Procesamiento del cacao.....	7
8.2.4.	Métodos de secado .....	8
8.2.5.	Variables a considerar en el control de secado.....	11
8.2.6.	Principios técnicos de secado .....	12
8.2.7.	Invernaderos para el secado de cacao.....	13
8.2.8.	Parámetros a considerar en los invernaderos.....	14
8.2.9.	Componentes de un sistema de control .....	16
8.2.10.	Selección de los dispositivos de sensado.....	17
8.2.11.	Controlador.....	18
8.2.12.	Elementos finales de control .....	20
8.2.13.	Sistemas de protección para instalaciones de baja tensión.....	22
8.3.	Marco legal.....	22
9.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL .....	23
9.1.	Tipos de investigación.....	23
9.1.1.	Investigación Formativa .....	23
9.1.2.	Investigación bibliográfica .....	23
9.1.3.	Investigación de campo .....	23
9.1.4.	Investigación descriptiva .....	24
9.2.	Métodos de la investigación .....	24
9.2.1.	Método inductivo – deductivo.....	24
9.2.2.	Método Analítico.....	25
9.3.	Técnicas e instrumentos.....	25
9.3.1.	Observación.....	25

9.3.2. Instrumentos .....	25
9.4. Procedimiento del proyecto .....	26
9.5. Caracterización del lugar .....	26
9.6. Descripción de componentes electrónicos, eléctricos y electromecánicos.....	27
9.6.1. Controladores .....	27
9.6.2. Actuadores .....	28
9.6.3. Sistema de protección.....	29
9.7. Diseño del sistema de control.....	31
9.7.1. Selección del método de control.....	31
9.7.2. Diseño de control del sistema principal.....	32
9.7.3. Cálculo de potencia de actuadores.....	34
9.8. Programación del LOGO.....	35
9.9. Implementación del sistema de control .....	35
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:.....	37
10.1. Análisis bibliográfico para determinación de variables .....	37
10.2. Análisis del contenido de humedad del grano de cacao .....	38
10.3. Análisis de temperatura dentro del invernadero .....	40
10.4. Análisis económico y financiero .....	42
11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS).....	46
11.1. Impacto técnico.....	46
11.2. Impacto Social .....	46
11.3. Impacto Económico.....	46
12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:.....	47
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	48
13.1. Conclusiones.....	48
13.2. Recomendaciones .....	49
14. BIBLIOGRAFÍA .....	50
15. ANEXOS .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Secado natural del cacao. ....	8
Figura 2: Secado artificial del cacao. ....	9
Figura 3: Secador de bandeja o armario. ....	10
Figura 4: Secador rotatorio. ....	10
Figura 5: Secador de túnel. ....	11
Figura 6: Secador de tambor. ....	11
Figura 7: LOGO Siemens. ....	18
Figura 8: Sistema de Control de lazo abierto. ....	19
Figura 9: Sistema de control de lazo cerrado. ....	19
Figura 10: Quemador para Calentamiento de Aire - Serie MJ3. ....	21
Figura 11: Reacción química de la combustión. ....	21
Figura 12: Diagrama de procedimiento. ....	26
Figura 13: Modelo de LOGO 8.2. ....	27
Figura 14: Generador de aire caliente. ....	28
Figura 15: Ventilador axial. ....	29
Figura 16: Gabinete de pared. ....	30
Figura 17: Metodología de control. ....	31
Figura 18: Diseño del circuito de control del sistema. ....	32
Figura 19: Diseño del circuito de potencia del sistema. ....	33
Figura 20: Programación en software LOGO!soft Comfort V8.2. ....	35
Figura 21: Manga Térmica. ....	36
Figura 22: Parámetros de humedad del grano de cacao seco. ....	37
Figura 23: Capacidad de agua de ser retirada. ....	38
Figura 24: Diagrama de flujo del control de la temperatura. ....	59
Figura 25: Diagrama de flujo del control de la humedad. ....	60



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto. ....	3
Tabla 2: Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados. ....	5
Tabla 3: Variedades de cacao criollo-forastero-trinitario. ....	7
Tabla 4: Capacidad de agua. ....	12
Tabla 5: Características generador de aire. ....	28
Tabla 6: Prueba de porcentaje de humedad. ....	39
Tabla 7: Datos medidos a las 11h00 día nublado, sin precipitación. ....	40
Tabla 8: Datos medidos a las 15h00 día nublado, sin precipitación. ....	40
Tabla 9: Datos medidos a las 11h00 día soleado. ....	40
Tabla 10: Datos medidos a las 15h00 día soleado. ....	41
Tabla 11: Datos medidos a las 11h00 día nublado, sin precipitación sistema controlado. ....	41
Tabla 12: Datos medidos a las 15h00 día soleado sistema controlado. ....	41
Tabla 13: Consumo de combustible. ....	42
Tabla 14: Consumo de electricidad. ....	42
Tabla 15: Costos de los rubros. ....	42
Tabla 16: Costo de la electricidad. ....	43
Tabla 17: Ingresos económicos. ....	43
Tabla 18: Cálculo del Valor Actual Neto (VAN). ....	44
Tabla 19: Cálculo de la tasa de retorno (TIR). ....	45
Tabla 20: Aproximación de producción sin el sistema implementado. ....	45
Tabla 21: Aproximación de producción con el sistema implementado. ....	45
Tabla 22: Presupuesto de componentes del sistema de control. ....	47
Tabla 23: Ficha de observación. ....	58

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1: Invernadero para el secado de cacao.....	13
Fotografía 2: Invernadero para el secado de cacao.....	26
Fotografía 3: Controlador MT-530E. ....	28
Fotografía 4: Relé térmico. ....	30
Fotografía 5: Contactor bifásico de 220 V. ....	30
Fotografía 6: Montaje de caja de control. ....	36
Fotografía 7: Medida de humedad de grano seco. ....	39
Fotografía 8: Visita In Situ al invernadero. ....	70
Fotografía 9: Inspección visual del área. ....	70
Fotografía 10: Charla con los productores.....	70
Fotografía 11: Medición de variables. ....	70
Fotografía 12: Caja de control para carga pesada.....	71
Fotografía 13: Colocación de canaleta ranurada gris. ....	71
Fotografía 14: Montaje de riel DIN. ....	71
Fotografía 15: Montaje de dispositivos eléctricos y electrónicos.....	71
Fotografía 16: Cableado de la caja de control. ....	72
Fotografía 17: Perforación de caja.....	72
Fotografía 18: Implementación de luces piloto y selector de tres posiciones. ....	72
Fotografía 19: Marquillado de caja de control. ....	72
Fotografía 20: Instalación de caja de control.....	73
Fotografía 21: Ajuste de actuadores. ....	73
Fotografía 22: Instalación de generador de aire. ....	73
Fotografía 23: Instalación de filtro de combustible.....	73
Fotografía 24: Cableado de controlador MT-530E. ....	74
Fotografía 25: Conexión de sensor de temperatura y humedad. ....	74
Fotografía 26: Instalación de controlador MT-530E.....	74
Fotografía 27: Fijación de set point. ....	74
Fotografía 28: Puesta a tierra del sistema de control. ....	75
Fotografía 29: Alimentación para actuador. ....	75
Fotografía 30: Distribución de aire caliente mediante manga térmica. ....	75
Fotografía 31: Conexión a línea de 220V.....	75

Fotografía 32: Funcionamiento del sistema forma manual. ....	76
Fotografía 33: Funcionamiento del sistema forma automática.....	76
Fotografía 34: Medida de prueba 1 de humedad del grano seco. ....	76
Fotografía 35: Medida de prueba 2 de humedad del grano seco. ....	76
Fotografía 36: Medida de prueba 3 de humedad del grano seco. ....	77
Fotografía 37: Medida de prueba 4 de humedad del grano seco. ....	77
Fotografía 38: Medida de prueba 5 de humedad del grano seco. ....	77

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Datos informativos del tutor del proyecto. ....	55
Anexo 2: Datos informativos del investigador 1 del proyecto. ....	56
Anexo 3: Datos informativos del investigador 2 del proyecto. ....	57
Anexo 4: Ficha de observación.....	58
Anexo 5: Diagramas de flujo del sistema de control. ....	59
Anexo 6: Circuito de control del sistema de secado de cacao. ....	61
Anexo 7: Circuito de potencia del sistema de secado.....	62
Anexo 8: Programa de control del sistema de control. ....	63
Anexo 9: Simulación encendido automático del quemador. ....	64
Anexo 10: Simulación encendido manual del quemador. ....	65
Anexo 11: Simulación fallo del quemador. ....	66
Anexo 12: Simulación automática del extractor.....	67
Anexo 13: Simulación manual del extractor. ....	68
Anexo 14: Simulación de fallo del extractor. ....	69
Anexo 15: Evidencias Fotográficas. ....	70

## 1. INFORMACIÓN GENERAL

### 1.1. Título del proyecto:

Implementación de un control automático de temperatura para el secado de cacao en un invernadero de la parroquia Guasaganda del cantón La Maná

**1.2. Fecha de inicio:** 9 de abril del 2019.

**1.3. Fecha de finalización:** 18 de febrero del 2020.

### 1.4. Lugar de ejecución:

**Parroquia:** Guasaganda.

**Cantón:** La Maná.

**Provincia:** Cotopaxi Zona 3.

**Institución:** ASOPROCANAM.

**1.5. Unidad Académica que auspicia:** Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

**1.6. Carrera que auspicia:** Carrera de Ingeniería en Electromecánica.

### 1.7. Equipo de trabajo:

**Tutor del proyecto:** Ing. Paco Jovanni Vásquez Carrera M.Sc.

**Autores:** Sr. Christian Camilo Cuasquer Salazar.

Sr. Jhonatan Alfredo Villegas Marcillo.

**1.8. Área de conocimiento:** Ingeniería, Industria y Construcción.

**1.9. Línea de investigación:** Procesos Industriales.

### 1.10. Sub líneas de investigación de la carrera:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

## 2. RESUMEN DEL PROYECTO

La finalidad del proceso de secado de granos de cacao es obtener parámetros de humedad aceptables para la comercialización, ya sea nacional como internacional. Para dar respuesta a este requerimiento, en la presente investigación se plantea implementar un sistema de ambiente controlado en un invernadero para el secado de cacao, para su ejecución se recurrió a la recopilación de información necesaria para identificar estos parámetros que influyen en el secado de los granos de cacao, considerando dos de ellos, siendo estos la temperatura y humedad dentro del recinto, una vez identificadas las variables se recurrió a identificar los elementos eléctricos, electrónicos y electromecánicos que influyen en el sistema de control; posteriormente se realizó el diseño del sistema empleando programas como CADe\_SIMU para diseñar el circuito de mando y potencia, además LOGO!soft Comfort V8.2 para su respectiva programación; y por último la implementación de los elementos que conforman el sistema de control automático. En conclusión, el control automático logra un secado adecuado, mejorando así el proceso de secado y producción, logrando obtener un producto de calidad cumpliendo con requisitos técnicos según la norma técnica ecuatoriana INEN 176.

**Palabras clave:** proceso, secado, control automático, implementación, parámetros.

## 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Para los productores de cacao es fundamental cumplir con las expectativas y satisfacciones de los compradores, por ello, es obligatorio poseer un excelente producto, en la actualidad emplean cualquier tipo de métodos de secado, en este caso, utilizando máquinas artificiales o invernaderos que permitan disminuir el tiempo de secado.

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo implementar un sistema de control automático de secado de cacao, vigilado por un módulo programable LOGO el cual controle la temperatura dentro de un invernadero, utilizando un generador de aire caliente y extractores de aire para acelerar el proceso de deshidratación del grano de cacao con la finalidad de cumplir con las propiedades orgánicas del mismo para su posterior venta.

Este proyecto causa un gran impacto económico para los productores, ya que se mejoraría la calidad del producto cumpliendo con estándares de calidad ya que los fabricantes de chocolate requieren que el cacao en grano tenga un contenido de humedad de aproximadamente el 7%

(CAOBISCO/ECA/FCC, 2015) y según, La NTE INEN 176 muestra el porcentaje de humedad máxima que debe tener el grano de cacao el cual es del 7% (INEN, 2018).

Con la automatización del invernadero, se garantiza el cumplimiento de las condiciones de operación adecuadas para el secado, mediante el monitoreo de la temperatura y humedad dentro del recinto, logrando un proceso ininterrumpido sin importar las condiciones climáticas externas.

#### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

En la tabla 1 se muestra los beneficiarios del proyecto, los cuales se detallan a continuación:

**Tabla 1:** Beneficiarios del proyecto.

BENEFICIARIOS DIRECTOS	BENEFICIARIOS INDIRECTOS
Socios y dueños del centro de acopio de cacao de la Parroquia Guasaganda del cantón La Maná.	Habitantes de la Parroquia Guasaganda con una población de 3908 habitantes de acuerdo a cifras proporcionadas por el GAD parroquial de Guasaganda en especial 116 productores.

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

#### 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN:

##### 5.1. Planteamiento del problema

El proceso de secado de cacao es una actividad vital después de la cosecha, entre las razones primordiales de la extracción de humedad del grano; esta proporcionarle sabor, aroma, evitar la proliferación de bacterias y especialmente dejar la humedad necesaria que debe tener el grano, característica fundamental para determinar la calidad del mismo, ya que, si el producto posee una humedad de 7% este eleva su precio considerablemente entre \$ 110,00 y 115,00 el quintal.

El proceso de secado al sol, por las condiciones ambientales, es muy prolongado y lleva hasta 12 días eliminar la humedad del grano, si supera el 8% de humedad implica no solo la pérdida de material comestible sino también el riesgo de crecimiento de mohos y bacterias (CAOBISCO/ECA/FCC, 2015)

En la parroquia Guasaganda del cantón La Maná existe un centro de acopio "ASOPROCANAM" dedicados al secado de cacao, los cuales usan invernaderos en el

proceso de deshidratación, estos no cuentan con un control automático de temperatura y humedad donde se obtiene una calidad de secado irregular, ya que por las noches la humedad tiende a aumentar, el grano absorbe nuevamente agua retrasando el proceso de secado.

En días lluviosos no hay la posibilidad de secar el producto en tendales echando a perder la producción, por lo que se recurre al uso de invernaderos para el proceso de deshidratación de los granos, la temperatura adecuada para su secado es de 35 °C .durante los dos a tres primeros días luego se puede aumentar la misma, uno de los problemas frecuentes en los invernaderos son la temperatura según las condiciones climáticas días nublados y lluviosos, el invernadero se encuentra a una temperatura promedio de 29 °C.

## **5.2. Formulación del problema**

¿Cómo incide la implementación de un control automático de temperatura y humedad en el proceso de secado de cacao en un invernadero en la parroquia Guasaganda del Cantón La Maná?

## **6. OBJETIVOS:**

### **6.1. Objetivo general**

Implementar un sistema de control automático de temperatura y humedad mediante el uso de un LOGO para el secado de cacao en un invernadero de la parroquia Guasaganda del cantón La Maná.

### **6.2. Objetivos específicos**

- Identificar los factores ambientales que influyen en el proceso de secado del cacao para la selección de los elementos del sistema de control automático.
- Construir un tablero de control de temperatura y humedad para el secado de cacao.
- Realizar la programación del LOGO V8.2 mediante el uso del software LOGO!soft Comfort V8.2 para el control de los actuadores y controlador.
- Ubicar los dispositivos del sistema de control de temperatura y humedad para el secado del cacao en el invernadero.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

En la tabla 2, se detalla las tareas en relación a los objetivos planteados.

**Tabla 2:** Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados.

OBJETIVO	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<b>Objetivo 1</b>	Determinar los factores ambientales que influyen en el proceso de secado. Identificar elementos del sistema de control.	Determinación de variables para el control de temperatura. Lista de equipos para el sistema de control.	Documentación bibliográfica. Fotografías de datos de medición de las variables dentro del invernadero. Cotizaciones físicas y virtuales de proveedores.
<b>Objetivo 2</b>	Diseño de circuitos de mando y fuerza. Construcción de caja de control.	Tablero de control armado listo para su montaje.	Archivo del programa en CADE_SIMU del circuito de mando y potencia. Caja de control forma física y fotografías.
<b>Objetivo 3</b>	Programación del módulo para el control de los actuadores y controlador.	Programa del sistema de control.	Archivo del programa en LOGO Soft Comfort V8.2.
<b>Objetivo 4</b>	Realizar la conexión de los actuadores, controlador y caja de control del sistema de calefacción y extracción. Verificar el funcionamiento del sistema de control del calefactor y extractor.	Sistema implementado con parámetros adecuados dentro del invernadero.	Fotografías, instalación de la caja de control, actuadores y controlador.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Antecedentes**

En el Ecuador el cacao es un producto que genera empleos e ingresos para un gran número de familias, aproximadamente 100.000 de acuerdo al (INIAP) (Quiroz, 2012). Las cuales desarrollan actividades de siembra, cosecha, poscosecha, comercialización, exportación, transportación, investigación, procesamiento, entre otras, de mucha importancia y demanda en el vínculo del cacao.

“La gran exigencia de productos de calidad obliga a los productores a mejorar las técnicas ocupadas para la obtención de cacao fino” (López Chica , 2015).

El problema de hoy en día en cuanto a controlar variables como lo son: temperatura y humedad dentro de invernaderos ha sido un reto para el campo de la ingeniería.

Según, Sandy, Reza , Espinoza , & Arellano (2015) en su proyecto “Control de fermentado y evaluación de un prototipo de secador con ambiente controlado para cacao nacional”, realizado en el país de Bolivia con el fin del aumento de calidad del grano seco de cacao nacional, a través del uso de energías renovables en el proceso de la poscosecha favoreciendo a productores indígenas del norte paceño.

Implementaron dos actividades para responder a los problemas identificados en el proceso de la poscosecha: a) el monitoreo del indicador de temperatura de la masa del grano en el proceso de fermentación, con la finalidad de identificar puntos clave que admitan a los trabajadores mejorar el proceso; y b) la implementación de un modelo de secador de granos de cacao con ambiente controlado, en donde evaluaron parámetros de humedad del grano y duración del secado, con el objetivo de identificar las mejores prácticas en el proceso de secado, además de innovar la construcción existente y promover la calidad del grano de cacao nacional.

### **8.2. Fundamentación teórica**

#### **8.2.1. Descripción de la palabra cacao**

Enríquez (2004) afirma que la palabra cacao, proviene de los vocablos mayas “*Kaj*” y “*Kab*” que en castellano quieren decir amargo y jugo respectivamente.

### 8.2.2. Variedades de cacao

La tabla 3 muestra tres grupos genético de cacao siendo estos; Criollo, Forastero y Trinitario o híbrido, este último siendo una mezcla de las dos variedades antepuestas. En el Ecuador se cultiva de forma tradicional la variedad de cacao conocida como “Nacional”, que debido a sus características genéticas y morfológicas se parece mucho al cacao Criollo (Parra, 2017).

**Tabla 3:** Variedades de cacao criollo-forastero-trinitario

MAZORCA	VARIEDAD	DESCRIPCIÓN
	Cacao Criollo o fino	El cacao criollo es apreciado por los expertos como el mejor grano, por su aroma y sabor. El fruto es largo y acanalado, puntiagudo, blando, verrugoso y de cotiledones o almendras blandas.
	Cacao Forastero o Amazónico	Este árbol da numerosos frutos, es robusto pero común y poco aromático. Sus frutos son redondeados y duros, con almendras matizadas en tonos morados.
	Cacao Trinitario o Deltano	Es una mezcla resultante del cruce entre el cacao fino y amazónico. Es aromático, robusto, de gran capacidad de adaptación ante las enfermedades y a las condiciones agroecológicas hostiles; además es muy fructífero y de alto rendimiento.

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

### 8.2.3. Procesamiento del cacao

Es de vital importancia que el grano de cacao cumpla una línea de procesos muy particulares antes de ser la materia prima elemental para la elaboración del chocolate. Las fases elementales de este proceso son: beneficiado del cacao, tostado, molido, prensado y conchado. Se conoce como beneficiado del grano de cacao a las etapas de: cosecha, fermentación, secado, limpieza, selección y almacenamiento del grano (Parra, 2017).

#### Fermentación

Portillo, E; Graziani L. y Cros E (2006), afirman que la fermentación, involucra dos fenómenos distintos, pero no independientes: la fermentación microbiana que es la que genera la eliminación de la pulpa mucilaginoso de los granos de cacao y las reacciones bioquímicas responsables de la modificación de la composición química al interior de las almendras, en los

llamados cotiledones. En la fermentación existe una migración de ácido acético desde la pulpa hacia la semilla.

## **Secado**

En la etapa de secado continúa el proceso de oxidación iniciado en la fermentación y se completa la formación de aquellos compuestos que determinan las cualidades organolépticas, como el aroma y el sabor del cacao. En esta etapa además se desarrolla la pigmentación de color marrón a partir de los compuestos fenólicos (Cros E. Jeanjean N., 1995).

### **8.2.4. Métodos de secado**

Existen dos métodos de secado de cacao siendo estos: natural, valiéndose de la radiación solar y obteniéndose granos con mayor aroma; o un secado artificial mediante el uso de estufas o secadores mecánicos haciendo pasar un flujo de aire seco y caliente por la masa del cacao (Maureira Poveda, 2006).

Hay dos sistemas de secado:

#### **Secado natural**

Este secado es el habitual y consiste en exponer los granos al sol o al ambiente para que se sequen. En la figura 1 se observa este método, puede ser eficaz y de alta calidad si el sol es adecuado. Seguramente si esto ocurre y el manejo se hace bien, el cacao alcanza alta calidad, pero si esto no ocurre como en zonas de transición entre sierra y la costa o en la amazonia ecuatoriana, entonces el cacao se enmohece (INIAP, 2012).



**Figura 1:** Secado natural del cacao.  
**Fuente:** (POSCOSECHA CACAO, 2017)

## Secado artificial

Como se observa en la figura 2, este tipo de secado, se realiza en plantaciones grandes o donde el clima de la localidad no permita un secado natural (región amazónica o pie de monte de los Andes). Consiste en utilizar baterías, adecuando una fuente de calor artificial, la que permite el paso de aire caliente o seco por la masa y éste seca los granos de cacao. Hay una infinidad de modelos, pero en todos ellos, lo principal es tener en cuenta algunas normas para adquirir una calidad adecuada en el secado (INIAP, 2012).



**Figura 2:** Secado artificial del cacao.  
**Fuente:** (Sandy, Reza , Espinoza , & Arellano, 2015)

## Tipos de secadores artificiales

En la mayoría los secadores artificiales utilizan; GLP, diésel, y otros derivados del petróleo en los cuales la transferencia de calor se lleva a cabo por medio de conducción y convección principalmente.

A continuación, se nombra algunos tipos de secadores artificiales los cuales son:

### Secador de bandeja o armario

Estos secadores cuentan con una cámara metálica rectangular, como se muestra en la figura 3, en los que se encuentran soportes móviles, donde se acoplan los bastidores con cierto número de bandejas lugar para ubicar los granos. El flujo de aire caliente circula entre las bandejas impulsado por ventiladores, en muchos casos las bandejas suelen estar perforadas elevando la temperatura de los granos reduciendo precisamente el tiempo de secado.



**Figura 3:** Secador de bandeja o armario.  
**Fuente:** ( Barbecho Guailas, & Loja Juca, 2019)

### Secador rotatorio

En la figura 4 se muestra el modelo del secador rotatorio, caracterizado por su flujo continuo, cuenta con una cámara cilíndrica que gira sobre los soportes esta trabaja con una ligera inclinación. Los granos avanzan por gravedad gracias a la inclinación, por ende, los granos secos salen por el extremo opuesto.



**Figura 4:** Secador rotatorio.  
**Fuente:** ( Barbecho Guailas, & Loja Juca, 2019)

### Secador de túnel

En la figura 5 se muestra el modelo del secador tipo túnel, los cuales tienen un funcionamiento semi-continuo en este las bandejas son colocadas sobre una especie de banda la cual se desplaza a lo largo del túnel de secado, las bandejas pasan sobre el flujo de aire caliente en distintas direcciones.



**Figura 5:** Secador de túnel.

**Fuente:** ( Barbecho Guailas, & Loja Juca, 2019)

### **Secador de tambor**

En estos tipos de secadores el calor se trasmite por conducción hacia el líquido que es comprendido entre rodillos metálicos calentados cubriendo, por ende, toda la superficie de los tambores creando así calor dentro de los cilindros, como se puede visualizar en la figura 6.



**Figura 6:** Secador de tambor.

**Fuente:** ( Barbecho Guailas, & Loja Juca, 2019)

#### **8.2.5. Variables a considerar en el control de secado**

Las variables dispuestas a controlar en este proyecto y que están envueltas en el proceso de producción son: la temperatura y la humedad, estas variables cumpliendo rangos adecuados máximos y mínimos proporcionan óptimos escenarios para un desarrollo adecuado del secado de cacao, fuera de estos límites el desarrollo es perjudicial para el grano.

Sin embargo, la variación de la temperatura se halla estrechamente relacionada con la humedad.

## Temperatura

La temperatura es un parámetro fundamental en el proceso de secado de cacao, para controlar esta variable es necesario conocer las limitaciones del secado del grano. La temperatura en el interior del invernadero incide de manera directa sobre el proceso de secado, de modo que el equilibrio respiración-transpiración se ve afectada. Es por esto que las elevadas temperaturas, provocan pérdidas de producción y calidad.

## Humedad

Según, Quintanilla (2017) el contenido de humedad ideal es de 4 a 7 %. Si supera el 8% implica, no solo la pérdida de material comestible sino también el riesgo de crecimiento de mohos y bacterias; si el contenido de humedad es inferior a 6.5 %, la cáscara será muy quebradiza provocando que los granos se romperán aumentando la proporción de granos rotos.

### 8.2.6. Principios técnicos de secado

En la Tabla 4, se puede apreciar como a mayor temperatura, más capacidad del aire para absorber agua; cuanto mayor sea el flujo de aire, más rápidamente se eliminará el agua del producto que se esté secando.

**Tabla 4:** Capacidad de agua

Temperatura [°C]	Hr	Agua que pueden ser retirados por el aire seco [g H <sub>2</sub> O/kg aire seco]
29	90	0,6
30	50	7,0
40	28	14,5
50	15	24,0

Fuente: (ITDG, 1998)

Para obtener un producto de calidad, se deberá considerar los diferentes niveles de secado, ya que a temperatura moderada y un alto grado de humedad dentro de la cámara de secado podría dar origen a bacterias, hongos, levaduras. Por ello el período de secado deberá ser más corto, sin embargo, al aumentar la temperatura el proceso de secado podría originar pérdida de color, sabor y ruptura del grano.

El secado es una fase en la que se extrae el exceso de humedad de los granos por calentamiento y se completa la formación del aroma y sabor a chocolate. Una vez finalizada

la etapa de fermentación del cacao, el grano queda con aproximadamente un 60% de humedad. Es recomendable reducir la humedad hasta 7% para evitar el desarrollo de hongos al almacenar el grano que deterioren la calidad, además facilita el transporte, almacenamiento, manejo y comercialización del cacao, caso contrario al reducir demasiado la humedad la cáscara se vuelve quebradiza (López Chica , 2015).

### 8.2.7. Invernaderos para el secado de cacao.

Un invernadero es una construcción evidenciada en la fotografía 1, cuya cubierta o techo es de un material que deja pasar luz solar facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiendo lentamente durante la noche (Estrada Paredes, 2012). Se controla la temperatura, la humedad y otros factores ambientales para favorecer el proceso de secado de granos, aprovecha el efecto producido por la radiación solar (Cobán, 2014).



**Fotografía 1:** Invernadero para el secado de cacao.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

### Beneficios

- Puede ser construido con materiales locales de bajo costo.
- No produce emisiones de gases contaminantes.
- Protege el cacao de la lluvia.
- Pueden ser usados durante la noche para facilitar el oreado del cacao.
- Genera granos uniformes durante el proceso de secado.
- Facilita la evaporación de sustancias ácidas.
- Puede ser usada como una plataforma de fermentación en caso de ser marquesina.
- Facilita la recolección del mucílago.
- Reduce las pérdidas por manipuleo.
- Mejora la calidad del producto.

### **8.2.8. Parámetros a considerar en los invernaderos**

#### **Temperatura**

El control de temperatura se basa en la necesidad de controlar esta variable de manera muy precisa, garantizando así una alta eficiencia. Es uno de los controles más experimentados y desarrollados de la historia; es fundamental a la hora de controlar esta variable a los rangos que se desee, investigar las limitaciones y necesidades de cada especie cultivada o en este caso el secado de cacao (Gonzales, 2018).

#### **Humedad**

Una de las variables físicas más difíciles de controlar es la humedad relativa y más aún cuando se encuentra dentro de un sistema que varía su temperatura, debido a que tienen un comportamiento inversamente proporcional, lo que hace que mantener las condiciones del sistema en las condiciones de consigna sea más complicado. (Chimbo, 2016).

#### **Sistemas de calefacción para el invernadero**

El calor entregado por equipos de calefacción puede ser aportado al invernadero básicamente por convección o por conducción. Mediante convección al calentar el aire del invernadero y por conducción se localiza la distribución del calor a nivel de las mesas de trabajo.

Los diferentes métodos de calefacción por convección más utilizados se pueden clasificar en:

- Tuberías aéreas de agua caliente.
- Aerotermos.
- Generadores de aire caliente.
- Generadores y distribución del aire en mangas de polietileno.

#### **Calefacción por aire caliente**

En este caso se utiliza aire para aumentar la temperatura de los invernaderos. La calefacción por aire caliente consiste en hacer pasar aire a través de focos caloríficos y luego inducir dentro de la atmósfera del invernadero.

Existen dos sistemas:

1. Generadores de combustión directa.
2. Generadores con intercambiador de calor.

Según, González Martínez , Díez Suarez , Díaz, Gil, & Vega Barrallo (2015) “La representación más factible de un sistema de calefacción es el aprovechamiento del poder calorífico de un combustible” (p.69.).

Los sistemas de calefacción por aire caliente tienen la ventaja de su menor inversión económica y mayor versatilidad al poder usarse como sistema de ventilación, con el consiguiente beneficio para el control de enfermedades (Infoagro, 2019).

### **Ventilación en invernaderos**

El aire interno está prácticamente aislado del exterior en un invernadero cerrado. No se deja ingresar el aire exterior por las puertas de ventilación ni se insufla al invernadero con ventiladores, sino que el calor adicional es conducido al exterior de forma técnica. (Clasificación Internacional de Patentes CIP , 2014)

La ventilación de invernaderos en muchos casos se lleva a cabo de dos maneras:

#### **Ventilación natural**

Baeza Romero, y otros (2014) afirman que “este tipo de ventilación, es la más común, por la economía de inversión y su simplicidad ya que se emplean ventanas en las partes laterales, en el techo y se abren cuando se requiera” (p.8).

#### **Ventilación forzada**

Afirman, Baeza Romero, y otros (2014) para este tipo de ventilación el uso de ventiladores es primordial, los cuales son colocados en las partes laterales del invernadero. La función de estos es extraer el aire caliente del interior y remplazarlo por aire exterior que entra al invernadero mediante las aperturas colocadas en el lado lateral opuesto, se sugiere renovaciones horarias entre 45 y 60 por hora (p.8).

## **Conductos de distribución de aire**

El correcto dimensionamiento de la red de conductos, la adecuada disposición y selección de difusores en una instalación de climatización (distribución de aire) es fundamental, ya que, si se realiza una buena evaluación de las cargas térmicas, se elige apropiadamente el sistema de climatización y su regulación, se realiza un reparto correcto del fluido que compensa las cargas del local, el diseño del sistema será capaz de mantener condiciones de confort (Vera Gil, B, 2008).

### **8.2.9. Componentes de un sistema de control**

La palabra “Control” proviene del latín: Contra rótulos – Antiguo francés: Contre role. Proviene del termino francés Contrôle y significa dominio, mando o regulación de un sistema (Dominion Industrial, 2014).

Es fundamental que todo sistema de control presente componentes básicos como:

- Sensor, que se conoce como elemento primario.
- Transmisor, el cual se conoce como elemento de mediación.
- Controlador, el cual es el cerebro del sistema de control.
- Elemento final de control, que puede tratarse de válvulas, motores, bombas, etc., que actúan sobre el proceso.

Para calcular una variable en diferentes procesos estos componentes deben basarse en detalles básicos:

1. Medición: la cual se hace habitualmente mediante la combinación de un sensor y transmisor
2. Decisión: basándose en la medición el cerebro del sistema efectúa una acción manteniendo la variable en el intervalo que se desee.
3. Acción: a consecuencia de la decisión del controlador se realiza una acción en el sistema.

### **El sensor y el transmisor**

Los elementos de sensado en la instalación de un sistema de control deben proveer la medida de la o las variables controladas.

## **El transmisor**

El transmisor en el campo de la instrumentación y control se lo entiende como el conjunto acondicionador de señal, en casos integrado al sensor y en otros como un dispositivo autónoma conectado al sensor a través de conductores eléctricos, caños etc. (Alvarez E. N., 2017).

## **Sensores**

El sensor es un dispositivo que tiene una propiedad sensible a una magnitud del medio sea física o química, y al variar esta magnitud también varía con cierta intensidad la propiedad, es decir, muestra la presencia de dicha magnitud, y también su medida. Se puede medir las siguientes variables como: intensidad lumínica, temperatura, distancia, aceleración, inclinación, presión, desplazamiento, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, etc. Además, estos dispositivos pueden estar conectados a un ordenador para obtener ventajas como son el acceso a la toma de valores desde el sensor, una base de datos, etc. (SISCODE, 2015).

### **8.2.10. Selección de los dispositivos de sensado.**

Los parámetros para la selección son muy variados de acuerdo a la investigación se toma en cuenta:

- a) El rango normal que la variable controlada puede variar.
- b) La exactitud, precisión y sensibilidad son necesarias.
- c) La dinámica del sensor requerida y disponibilidad en el mercado.
- d) La confiabilidad requerida.
- e) Los costos involucrados.
- f) Problemas especiales de instalación.

## **Sensores de humedad**

Estos sensores están fabricados con circuitos integrados que emiten una señal acondicionada, están compuestas por un elemento sensible capacitivo que interactúa con electrodos de platino (Balcells, Romeral, & Romeral, 1997).

## Sensores de temperatura

Los sensores de temperatura se utilizan para medir el calor asegurando que el proceso se encuentre; o bien dentro de un cierto rango, lo que proporciona seguridad en el uso de la aplicación, o bien cumpliendo con una condición obligatoria cuando se trata de calor extremo, riesgos o puntos de medición inaccesibles (Mathas, 2011)

### 8.2.11. Controlador

El controlador es el cerebro de un sistema de control; compara el valor programado (*set point* o *set value*) con el valor medido de la variable, el resultado genera un error el cual puede estar en un porcentaje tolerado o fuera de lo permitido. Con este resultado toma una decisión y le manda una orden al elemento final de control (Dominion Industrial, 2014).

### Procesamiento de la información.

#### Modulo programable

Un PLC (*Programmable Logic Controller*) o llamado también como autómatas programables, observado en la figura 7, según la definición del estándar internacional IEC 61131 que normaliza las características fundamentales de estos, tanto en su parte física como programable, el PLC por lo tanto, es un aparato electrónico programable capaz de ejecutar un programa adecuadamente para solventar un problema dado, y diseñada para trabajar en un entorno industrial y por tanto hostil (Oviedo, 2014).



**Figura 7:** LOGO Siemens.  
Fuente: (Oviedo, 2014)

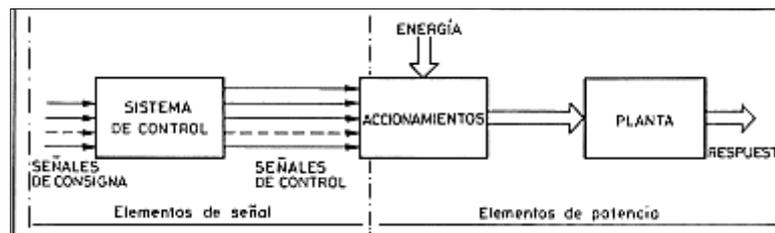
Se los emplean como dispositivos de control para realizar automatizaciones de una complejidad media en:

- Domótica: se los emplea para el control de alumbrado, toldo, persianas, mecanismos de seguridad, etc.
- Máquinas y equipos industriales.
- Invernaderos industriales etc. (Alvarez M. P., 2005)

### Tipologías de un sistema de control en tiempo continuo

Los sistemas de control en tiempo continuo, se caracterizan por poseer dos tipologías de conexiones:

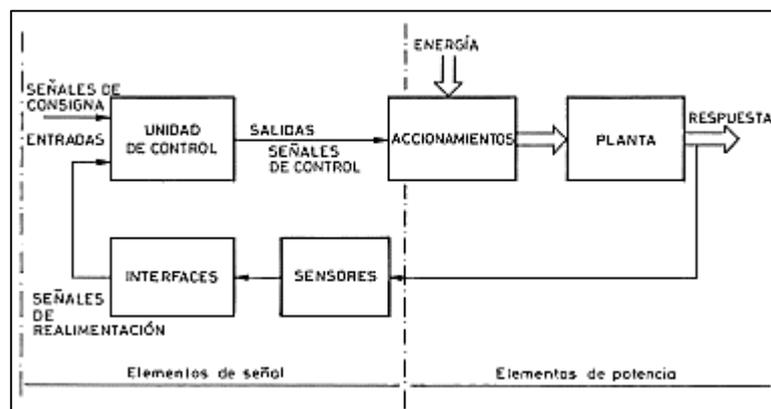
- Tipología en lazo abierto



**Figura 8:** Sistema de Control de lazo abierto.

**Fuente:** (Balcells & Romeral, 1997)

- Tipología en lazo cerrado



**Figura 9:** Sistema de control de lazo cerrado.

**Fuente:** (Balcells & Romeral, 1997)

Estas dos tipologías se diferencian en que en el sistema de lazo abierto no existe retroalimentación y en el lazo cerrado si existe se la puede apreciar en las figuras 8 y 9 respectivamente.

## **Sistemas de control digitales**

Un sistema de control digital se refiere al uso de una computadora o controlador digital en el sistema, de tal manera que las señales estén en código digital, como un código binario. A los sistemas de control digital se los conoce como sistemas de tiempo discreto (López Chica , 2015, pág. 20).

### **Tipos de controladores**

A continuación, se mencionan algunos tipos de controladores:

- Controlador proporcional derivativo (PD)
- Controlador proporcional integral (PI)
- Controlador proporcional integral derivativo (PID)
- Controlador On-Off

### **Control ON/OFF o Todo/Nada**

Este tipo de controlador, también llamado Todo o Nada, usa un algoritmo simple para solamente revisar si la variable de proceso está por encima o por debajo de un *set point* determinado. En términos prácticos, la variable manipulada o la señal de control del controlador cambian entre “totalmente ON” o totalmente OFF, sin estados intermedios (Villajulca, 2019).

#### **8.2.12. Elementos finales de control**

Se los emplean como elementos finales de control los que permiten mantener un ambiente óptimo dentro de la ejecución de un proceso.

#### **Generador de aire caliente**

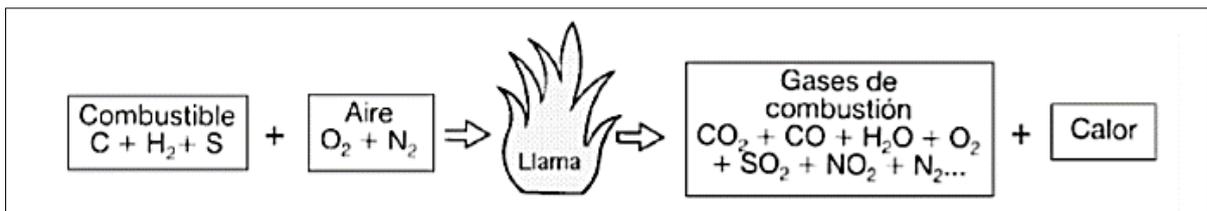
Es un dispositivo para quemar combustible líquido, gaseoso o ambos y producir calor, generalmente mediante una llama, su tamaño puede ser muy variable, los puede haber desde un pequeño como para el calentamiento de una probeta hasta uno enorme capaz de generar más de 30.000 kW, el carburante usado suele ser gaseoso, generalmente GLP, siendo el más utilizados en el uso de generación, así como de igual manera, el combustible líquido como el gasóleo se puede visualizar en la figura 10 (Saincal, 2015).



**Figura 10:** Quemador para Calentamiento de Aire - Serie MJ3  
**Fuente:** (TECNOVAPOR, 2019)

## Combustión

En términos generales, la combustión tiene como fin primordial el de liberar la energía de un combustible, ya sea líquido, sólido o gaseoso, llevándose a cabo entre el combustible y el comburente liberando así energía en forma de calor (Ver figura 11).



**Figura 11:** Reacción química de la combustión.  
**Fuente:** (Barriero Hidalgo & Lema Quinzo, 2009)

## Combustibles

Aquellos elementos que en su estado sólido, líquido o gaseoso alcanzan a arder o a entrar en combustión total o parcial se los puede denominar combustibles, estas sustancias al incorporarse con un comburente, habitualmente  $O_2$  presente en el aire, arrancan el proceso de combustión mediante, por lo general, una chispa con la que se obtiene energía necesaria para iniciar la ignición. (González Martínez , Díez Suarez , Díaz, Gil, & Vega Barrallo, 2015). p.51.

## Extractores

Estos artefactos son muy empleados en sistemas de renovación de aire, no son más que ventiladores con alabes helicoidales que permiten una adecuada renovación de aire del recinto, su objetivo es extraer el exceso de aire caliente y húmedo del invernadero.

### **8.2.13. Sistemas de protección para instalaciones de baja tensión**

Los sistemas de protección de las instalaciones de baja tensión impedirán los efectos de las sobretensiones y sobre intensidades que por distintos motivos cabe evitar en las mismas y protegerán a sus componentes como: materiales y equipos de las acciones y efectos de los agentes externos. Así mismo, a efectos de seguridad general, se determinaran las condiciones que deben cumplir dichas instalaciones para proteger de los contactos directos e indirectos (Alcalde San Miguel, 2019, pág. 62).

Las cajas generales de protección alojan elementos de resguardo de las líneas generales de alimentación y señalan el principio de la propiedad de las instalaciones de los usuarios.

### **8.3. Marco legal**

#### **Normativa**

NTE INEN 176 Quinta revisión 2018-02. GRANOS DE CACAO. Requisitos físicos y calidad para los granos de cacao nos muestra el porcentaje de humedad máxima que debe tener el grano de cacao el cual es del 7% (INEN, 2018).

## **9. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL**

### **9.1. Tipos de investigación**

#### **9.1.1. Investigación Formativa**

La investigación formativa es un clase especial de investigación relacionado a los métodos y estrategias pedagógicas de aprendizaje donde el futuro profesional, cualquiera sea la carrera profesional, aprende nuevos conocimientos no escuchando pasivamente al profesor sino empleando los métodos, técnicas y estrategias de aprendizaje que están vinculados a los métodos y técnicas de investigación de nivel exploratorio-descriptivo, que es la antesala de la investigación científica strictu sensu (Ñaupas Paitán, Valdivia Dueñas, Palacios Vilela, & Romero Delgado, 2018, pág. 150).

La presente investigación tiene carácter formativo en vista de que a través de la ejecución del mismo se fomentó el espíritu investigador en el ámbito del sector educativo de la Universidad Técnica de Cotopaxi – Extensión La Maná y fortaleció el proceso de aprendizaje a través de una propuesta que permitió realizar la implementación de control de humedad y temperatura para el secado de cacao demostrando los conocimientos adquiridos en el aula de clase.

#### **9.1.2. Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica es la primera etapa del proceso investigativo que proporciona el conocimiento de las investigaciones ya existentes, de un modo sistemático, a través de una amplia búsqueda de: información, conocimientos y técnicas sobre una cuestión determinada (Gómez Luna, Fernando Navas, Aponte Mayor, & Betancourt Buitrago, 2014)

Se empleó la investigación bibliográfica, ya que, mediante ella se llegó a la obtención de datos relevantes en cuanto al proceso de secado del cacao, así como de sus métodos utilizados para el proceso de deshidratación del grano de cacao, seleccionando la mayor cantidad de información científica acorde al tema del proyecto a través de fuentes confiables como lo son: los artículos, manuales, revistas científicas, libros, páginas web y tesis.

#### **9.1.3. Investigación de campo**

Las técnicas específicas de la investigación de campo, tienen como finalidad recoger y registrar ordenadamente los datos relativos al tema escogido como objeto de estudio. La

observación y la encuesta son las principales técnicas que usaremos en la investigación (Baena Paz, 2014).

La investigación es de campo debido al motivo que se recurrió al lugar del problema, en este caso se aplicó la observación directa donde personalmente junto al tutor del proyecto se procedió con la toma de datos como: medida del invernadero, temperatura, humedad que influyeron en el desarrollo del proyecto en la parroquia de Guasaganda del cantón La Maná.

#### **9.1.4. Investigación descriptiva**

La investigación descriptiva, muestra el conocimiento de la realidad tal como se presenta en una situación de espacio y de tiempo dado. Aquí se observa también se registra, o se pregunta y se registra. Describe el fenómeno sin introducir modificaciones: tal cual. Las preguntas de rigor son: ¿Qué es?, ¿Cómo es?, ¿Dónde está?, ¿Cuándo ocurre?, ¿Cuántos individuos o casos se observan?, ¿Cuáles se observan? (Rojas Cairampoma, 2015)

Este proceso de investigación se empleó con el fin de describir las diferentes bases de estudio, las características de los objetos de estudio, obviamente esta investigación descriptiva está reflejada a partir de la investigación bibliográfica en la selección de los diferentes elementos de la implementación del sistema de control de humedad y temperatura, además se describió los resultados una vez que el sistema este implementado.

## **9.2. Métodos de la investigación**

### **9.2.1. Método inductivo – deductivo**

El método inductivo-deductivo está formado por dos procedimientos inversos: inducción y deducción. La inducción es un medio de razonamiento en la que se pasa del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales. Su base es la redundancia de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando los rasgos comunes en un grupo definido, para llegar a conclusiones de los aspectos que lo caracterizan. Las divulgaciones a que se arriban tienen una base empírica (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017).

Este método fue esencial en el desarrollo del proyecto, ya que trata de la combinación de dos métodos los cuales facilitaron el desarrollo de la investigación por dos fases la primera se

procedió desde lo más general a lo particular y el segundo de lo particular a lo general. Es así que se inició desde el planteamiento del problema para luego abarcar de forma más ampliada identificando las causas y efectos que dieron origen para el estudio, posteriormente se ubicó en un contexto más ampliado abordando el aspecto local y nacional al plantear el problema. Se evidencio el método inductivo al establecer el estado del marco teórico a partir de estudios para determinar las variables de temperatura y humedad, la importancia que han tenido hasta identificar los diferentes métodos de secado en relación a los procesos de poscosecha.

### **9.2.2. Método Analítico**

El método analítico es un camino para llegar a un resultado mediante la descomposición de un fenómeno en sus elementos constitutivos son múltiples y muy diversas las especies de análisis, que se marcan por la naturaleza de lo analizado: análisis material, o partición, análisis químico o descomposición, análisis matemático o clasificación, análisis lógico y racional o distinción, análisis literario o crítica de los elementos de belleza (Lopera Echavarría, Ramírez Gómez, Zuluaga Aristizába, & Ortiz Vanegas, 2010).

Se utilizó este tipo de método, ya que, es necesario emplearlo para realizar el análisis del problema del proyecto, además de su justificación, de igual manera se lo usó para la descripción de los resultados en cuanto al comportamiento de las variables del sistema de control para determinar los parámetros que se desean controlar para el secado del cacao, también de su viabilidad económica de implementación.

## **9.3. Técnicas e instrumentos**

### **9.3.1. Observación**

Esta técnica permitió recoger datos informativos que ayudaron a resolver el problema, y dar la solución para desarrollar e implementar el sistema de control, ya que, se visualizaron los parámetros que se controlaron para disminuir el tiempo de secado de los granos de cacao después de la fermentación.

### **9.3.2. Instrumentos**

Se utilizaron documentos bibliográficos a través de fuentes secundarias como libros, folletos, archivos, páginas web, datasheets, blogs, entre otros para la selección de la información que se refiere al diseño e implementación del sistema automático de secado del grano de cacao.

#### 9.4. Procedimiento del proyecto

En el siguiente diagrama mostrado en la figura 12, se describirá el proceso empleado para la implementación del sistema de control de secado de granos de cacao.



**Figura 12:** Diagrama de procedimiento.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

#### 9.5. Caracterización del lugar

La parroquia Guasaganda está ubicada en la provincia de Cotopaxi, a 64 Km en línea de aire de Latacunga, capital de la provincia y a 17.5 Km en línea de aire de La Maná, capital cantonal. A una altura variable de 200 y 3200 msnm.

La mayor extensión del territorio está cubierta por temperaturas en los rangos de 23 - 24 °C que cubre un 28.16% del territorio de la parroquia y corresponde a la parte suroeste; en segundo lugar el rango de 22 - 23 °C que cubre un 16.98% del territorio de la parroquia y en tercer lugar el rango de 21 - 22 °C que cubre un 12.51% del territorio de la parroquia (GAD Parroquial Guasaganda, 2015).

En donde se encuentra el centro de acopio de cacao “ASOPROCANAM” disponen de un invernadero para el secado del cacao de toda la comunidad, con el fin de secar el cacao en toda la época del año cuyas medidas son 12 m x 6 m x 3,5 m, el cual está recubierto de plástico, además cuenta con 2 mesas de secado, contando también con un área de fermentación, como se puede observar en la fotografía 2.



**Fotografía 2:** Invernadero para el secado de cacao.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

## 9.6. Descripción de componentes electrónicos, eléctricos y electromecánicos.

Para la implementación del sistema de control se empleó los siguientes elementos que se describen a continuación:

### 9.6.1. Controladores

#### LOGO siemens 8.2 110-220 V AC.

En la figura 13 se muestra un módulo lógico LOGO Siemens 8.2 de 110-220 V AC, el cual brinda una capacidad de comunicación ampliada gracias a su puerto de comunicación Ethernet integrado, el cual permite comunicarse hasta con 8 dispositivos Ethernet adicionales (Ej: módulos lógicos LOGO!, Simatic S7-1200, paneles Simatic HMI, etc.) (Siemens, 2017).



**Figura 13:** Modelo de LOGO 8.2  
**Fuente:** (Siemens, 2017).

#### Controlador de temperatura y humedad MT-530E.

El controlador MT-530E Súper, mostrado en la Fotografía 3, tiene tres salidas: una para control de la temperatura, una para control de la humedad y una tercera salida auxiliar que funciona como una segunda etapa de control de temperatura, control de humedad, alarma o temporizador cíclico. Este tipo de controlador es apropiado para baja y media humedad relativa (10 a 85% sin condensación). Sus sensores de temperatura y humedad se acoplan en un solo bulbo, lo que reduce el espacio de instalación y cableado. También incluye una alarma audible (*buzzer*) y una función inteligente, de bloqueo que evita que los usuarios no autorizados cambien los parámetros del control.



**Fotografía 3:** Controlador MT-530E.  
**Fuente:** Autores del proyecto (2019).

### 9.6.2. Actuadores

#### Generador de aire caliente MASTER BV 77 E

Empleado principalmente para el calentamiento de recintos como almacenes, talleres de construcción e invernaderos ver modelo en la figura 14, el cual posee una potencia de salida de 28.400 Kcal/h.



**Figura 14:** Generador de aire caliente  
**Fuente:** (Vita Feed, 2019)

En la tabla 5, se puede visualizar las características del generador de aire caliente MASTER BV 77 E.

**Tabla 5:** Características generador de aire.

CARACTERÍSTICAS	VALOR	UNIDAD
Caudal de aire	1.550	m <sup>3</sup> /h
Voltaje	220-240/50	V/Hz
Potencia absorbida	0,3	kW
Consumo de energía	2,5	A
Capacidad del depósito	36	L
Autonomía de combustible	17	H
Consumo de combustible	1,67	kg/h
Dimensiones embalado	1200 x 400 x 530	Mm
Peso Neto / Bruto	32 / 36	Kg

**Fuente:** (Vita Feed, 2019)

### **Ventilador Siemens de 220 V AC**

El ventilador que se muestra en la figura 15 es de tipo axial de diámetro 630 mm, caudal  $19.188 \text{ m}^3/\text{h}$ , y potencia de 1.6 kW. Adecuado para la extracción de aire, vapores y gases; o con el fin de inyectar aire frío o caliente en distintos lugares tales como almacenes, cuartos fríos, bodegas, galpones e invernaderos.

Para su montaje debe tomar en cuenta si se requiere realizar extracción o inyección de aire, ya que el aire debe circular en dirección de las aspas hacia el motor, en donde el sentido de giro del motor debe ser hacia la derecha. Un cambio en el sentido de rotación reduce en un 35% el caudal nominal de aire (Siemens, 2017, pág. 22).



**Figura 15:** Ventilador axial.  
**Fuente:** (Siemens, 2017)

### **9.6.3. Sistema de protección**

#### **Gabinete BEAUCOUP de 60x40 x25cm.**

Caja apropiada para instalación de equipos eléctricos/electrónicos en instalaciones industriales, comerciales, edificios residenciales y edificios de servicios etc., Bajo normativa aplicable NTE INEN 2568, IEC 60529 y NEMA 250 (BEAUCOUP, 2018, pág. 9).

Dentro de la caja se ubican todos los elementos electrónicos y eléctricos, esta caja los protege de las condiciones climáticas actuando como un sistema general de protección para los elementos instalados en su interior (ver figura 16).



**Figura 16:** Gabinete de pared.  
**Fuente:** (BEAUCOUP, 2018)

### Relé térmico

En la siguiente fotografía 4, se muestra el modelo de un relé térmico, el cual es un dispositivo de protección contra calentamientos y sobrecargas su uso es principalmente en motores, garantizando su vida útil y la prolongación en el trabajo de los equipos.



**Fotografía 4:** Relé térmico.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

### Contactador bifásico de 220 V AC

En la fotografía 5 se muestra un contacto bifásico de 220 bifásico dotado de contactos con capacidad de 2.5 a 6 Amp, 50/60Hz, el cual está equipado con un contacto auxiliar abierto (NA) y otro cerrado (NC).



**Fotografía 5:** Contactador bifásico de 220 V.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

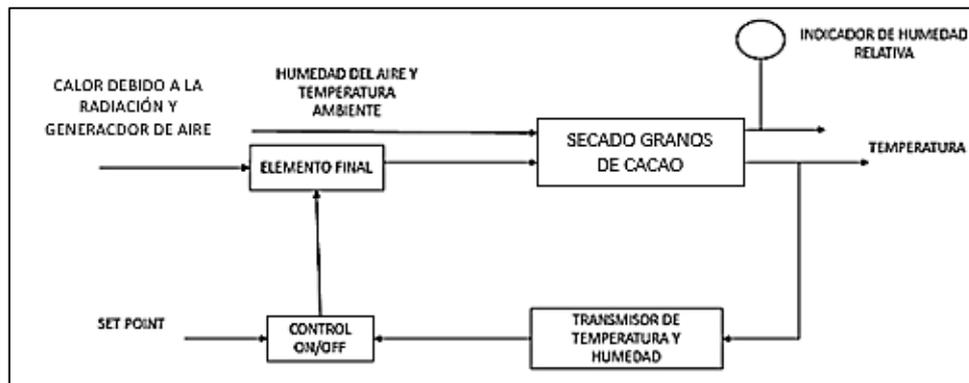
## 9.7. Diseño del sistema de control

A continuación, se elegirá el método de control para el proceso de secado de los granos de cacao.

### 9.7.1. Selección del método de control

A través de la identificación de los tipos de sistemas de control se ha elegido el tipo de control de lazo cerrado On/Off, el cual se empleó en el sistema de control del invernadero.

El control que se empleó es por retroalimentación, el cual consta en medir la variable controlada mediante la fijación de un *SET POINT*, la diferencia de esta comparación es alimentada al controlador, el cual se encarga de modificar la variable manipulable (calor debido a la radiación solar y el quemador), observar figura 17.



**Figura 17:** Metodología de control.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

### Control On/Off

En las siguientes ecuaciones se expresa la forma en que trabaja el control On/Off:

$$U(t) = M_1, \text{ si } e(t) > 0 \quad (1)$$

$$U(t) = M_2, \text{ si } e(t) < 0 \quad (2)$$

Donde  $e = \text{set point} - \text{variable medida}$  (error).

En el caso de la primera ecuación se supone que es el funcionamiento del generador de aire caliente, donde si el error es positivo el actuador permanecerá encendido y si el error es

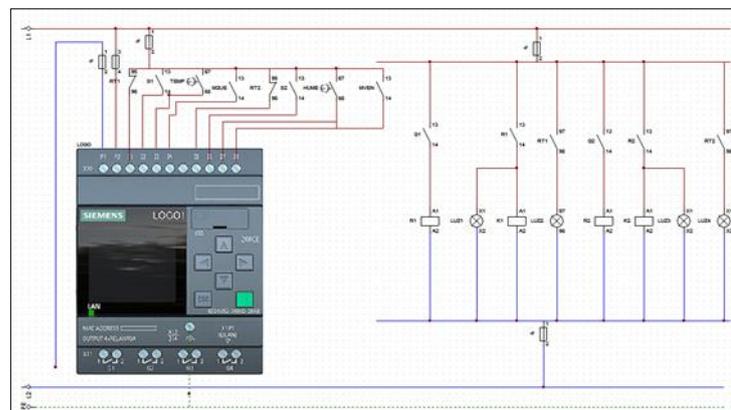
negativo, es decir, cuando el recinto supera la temperatura fijada el actuador se apagará. La segunda ecuación muestra el funcionamiento del extractor, donde si el error es positivo el actuador se apagará, mientras si el error es negativo el actuador se encenderá.

### 9.7.2. Diseño de control del sistema principal

Se empleó el *software* CAdE\_SIMU, el cual permite dibujar esquemas eléctricos tanto de mando como de potencia, además se puede simular para comprobar que la lógica del circuito funcione.

#### Esquema eléctrico de mando

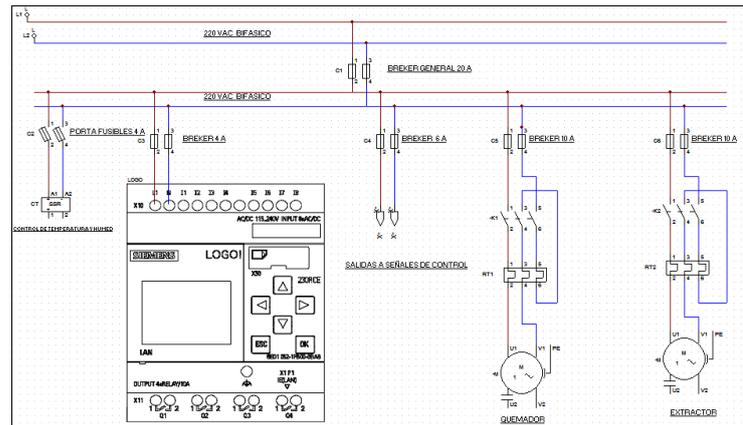
En la figura 18 se muestra el diseño del circuito de mando del sistema, donde se utilizó un módulo lógico como sistema de mando el cual está alimentado con dos líneas L1 y L2 el LOGO presenta 8 entradas yendo desde I1 a I8 las cuatro primeras son las que alimentan al mando del quemador y las últimas del extractor (Ver Anexo 6).



**Figura 18:** Diseño del circuito de control del sistema.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

#### Esquema eléctrico de potencia

En la figura 19 se muestra el diseño del circuito de fuerza del sistema, el cual es un sistema bifásico de 220 V CA, donde el *breaker* general de 20 A (C1) alimenta al sistema bifásico donde se puentean a los *breakers*, C4 *breaker* de control, C5 y C6 *breaker* de potencia igualmente del *breaker* general salen dos líneas que alimentan al *breaker* C3 el cual alimenta al LOGO y C2 sería el porta fusible el cual alimenta la señal del controlador MT-530E (ver Anexo 7).



**Figura 19:** Diseño del circuito de potencia del sistema.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

## Control del quemador

Este control permite el inicio del proceso de secado artificial de cacao con su activación comienza el proceso de secado, además de tener una función principal de seguridad de todo el sistema; una vez activado este llegará a una temperatura oscilante entre 35 y 50°C de aire caliente que ingresa al invernadero, una vez que el invernadero se encuentre a una temperatura de 50°C, este se apagará automáticamente y a su vez se activará cuando este perciba una temperatura inferior a los 50°C durante el secado. Adicionalmente el generador consta de un subsistema independiente de control de temperatura, el cual presenta un termostato para el control de la temperatura de salida, este se verá reflejado por la fijación del *SET POINT* del controlador (Ver Anexo 5).

## Control del extractor de aire principal

El control del extractor principal es aquel que establece la humedad de aire que circula por la cámara para el secado, si llegase a fallar la extracción del agua del grano, este se cocinaría motivo por el cual en procesos de secado artificial se llegan a perder las características de calidad del grano, en caso de detectar un porcentaje de humedad y temperatura alto, este se accionaría de forma automática regulando el ambiente dentro del invernadero (Ver Anexo 5).

## Funcionamiento del sistema

Para el control de temperatura y humedad dentro del invernadero se emplea un sistema de control que funciona de manera automática y manual, según el usuario lo quiera emplear. El mismo cuenta con un controlador de temperatura y humedad MT-530E, el cual mediante sus

sensores mide la humedad relativa y temperatura dentro del invernadero, dependiendo de la necesidad del ambiente accionan un extractor de aire para regular la temperatura y humedad. Según la programación, se acciona el generador produciendo calor mediante la combustión del diésel, para iniciar el proceso de secado inyectando aire caliente al interior del invernadero y de acuerdo a los parámetros que lean los sensores estos darán su señal de mando, ordenando apagar el quemador y continuar con su proceso de secado dentro del invernadero para obtener su máxima eficiencia.

### 9.7.3. Cálculo de potencia de actuadores

Datos a tener en cuenta para determinar la potencia de los actuadores del sistema de control.

El invernadero para el secado de cacao, trata de una estructura de forma rectangular cubierta de plástico de película doble, cuyas dimensiones y temperaturas son:

- Largo: 12 m
- Ancho: 6 m
- Alto: 3,50 m
- Temperatura exterior mínima/media considerada: 23°
- Temperatura interior mínima/media aceptable: 50°

#### Cálculo del calentador de aire

$$C = K \cdot V \cdot (t_i - t_e) \quad (3)$$

Dónde:

**C:** Kilocalorías/horas necesarias.

**K:** Coeficiente de transmisión de la cubierta (de 2,5 a 7).

**V:** Superficie de la cubierta y paredes del invernadero.

**ti-te:** Incremento temperatura en el interior respecto al exterior.

Mediante la ecuación 3 se obtuvo el siguiente dato 27.69kW siendo la potencia necesaria del generador de aire caliente el cual abastece el recinto hasta una temperatura de 50°C.

## Cálculo de renovaciones:

### Ventilación:

Las renovaciones del aire por hora  $N$  que se decidan entre 45 a 60, indicarán el caudal que se necesita.

$$Q \text{ (m}^3\text{/h)} = \text{volumen del local} \times N \quad (4)$$

Mediante la ecuación 4 se obtuvo el siguiente dato 15.120 m<sup>3</sup>/h siendo la potencia del extractor o ventilador, necesaria para la extracción del exceso de humedad presente en el interior del invernadero.

## 9.8. Programación del LOGO.

Para la programación se empleó el software LOGO!soft Comfort V8.2, visualizado en la figura 20, el cual permitió controlar de forma autónoma y manual las variables de temperatura y humedad mediante un controlador de temperatura y humedad MT-530E, dando órdenes de encendido y apagado a los actuadores, para observar su simulación y funcionamiento se sugiere ver Anexos 8-14.

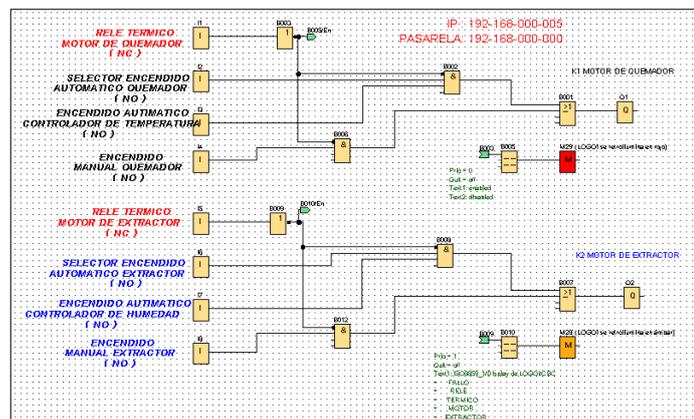


Figura 20: Programación en software LOGO!soft Comfort V8.2.

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

## 9.9. Implementación del sistema de control

Se muestra en la fotografía 6, la caja de control BENTACOUPE de 60x40x25 cm, con los diferentes dispositivos eléctricos y electrónicos, así como dispositivos de protección como: *breakers* y relés (ver Anexo 15).



**Fotografía 6:** Montaje de caja de control.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

Se acopló la caja de control y su respectiva acometida, conectándola a 220 VAC, posteriormente se conectó los actuadores y controlador, para así poner en marcha el sistema de control. Para la implementación se empleó herramientas como juego de desarmadores, playo mecánico, taípe negro, taladro eléctrico, broca de 8 mm (ver Anexo 15).

### **Distribución de aire**

En cuanto a la distribución de aire se utilizó una manga térmica perforada de 15 metros, accesorio del generador de aire caliente, los primeros 5 metros de color negro son de un material altamente resistente a temperaturas de hasta 150 °C. Esta manga térmica permitió un aceptable reparto del fluido compensando las cargas del invernadero,



**Figura 21:** Manga Térmica.  
**Fuente:** (Vita Feed, 2019)

## 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS:

### 10.1. Análisis bibliográfico para determinación de variables

El problema que se encuentran en la mayoría de máquinas secadoras regularmente se asocia a que no cuentan con un apropiado sistema de control de temperatura y humedad, el cual ayuda al manejo óptimo de estas variables. Estas máquinas al no contar con un sistema de control adecuado someten a la almendra a un proceso de secado abrupto con rangos iniciales de temperatura de 50° - 55° C, posterior a esto cambian la temperatura hasta 70° C sin seguir; parámetros y estudios previos del secado de cacao dando como resultado un producto de baja calidad.

Según, Sandy, Reza, Espinoza, & Arellano, (2015) “concluyen que el uso del secador de ambiente controlado podría ser rentable en una escala seis veces mayor al prototipo, considerando el potencial productivo de donde se instalaría”.

Mediante la investigación bibliográfica se pudo contemplar que el secado de cacao se logra a través de dos formas el secado natural y artificial donde el índice de humedad que debe conservar el cacao, es de un 7 % para considerarlo como un producto de buena calidad condiciones necesarias para tener una demanda mayor en el mercado nacional e internacional, además las variables que se deben considerar dentro del proceso de secado de cacao son la temperatura y humedad.

Dependiendo del manejo que se le haya dado en la fermentación, el cacao recién sacado del cajón puede tener una humedad cercana al 65%, la cual debe ser disminuida hasta un rango del 6,5 a 7,0 %. De este modo, los microorganismos no encuentran un medio en el cual desarrollarse y las distintas enzimas existentes en el interior del grano se desactivan, con lo cual el cacao ya seco, puede almacenarse de manera segura (ver figura 22).

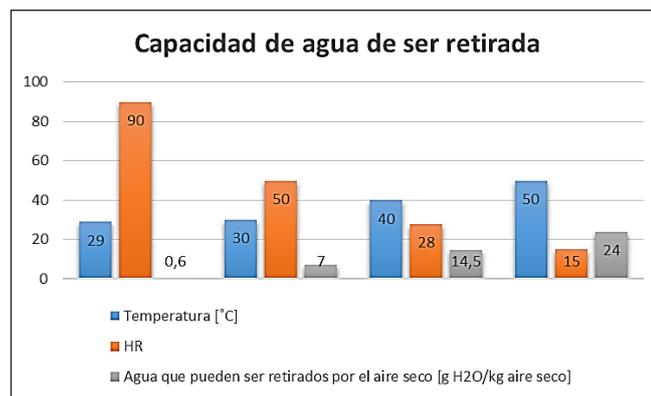


**Figura 22:** Parámetros de humedad del grano de cacao seco.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

Para el secado de los granos de cacao se empleó un sistema de control automático, el cual consta de sensores de humedad y temperatura los mismo que a través de actuadores se encargaran de regular la humedad relativa del invernadero así como la temperatura dentro de este para que el grano no presente daños en su proceso de secado, como fuente de calentamiento se empleó un generador de aire caliente indirecto con el cual se aceleró el tiempo de secado inyectando aire caliente hasta llegar a una temperatura de 35 a 50°C como máximo, ya que naturalmente este se demora en la extracción del exceso de agua del grano empleando varios días para completar su proceso de secado.

A través del análisis biográfico se determinó que el porcentaje más rápido de extracción de agua del grano, depende de los grados de temperatura empleados, siendo 50 °C el punto de extracción de agua máximo (ver figura 23).



**Figura 23:** Capacidad de agua de ser retirada.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

El secado de cacao se optimiza cuando se logra la combinación de los siguientes factores ambientales:

- El menor porcentaje (%) de humedad en el aire que entra en contacto o está cerca del cacao.
- La mayor temperatura del aire, considerando un límite de 50° C.
- La mayor velocidad con la cual el aire se renueva pasando entre y sobre el cacao.
- El mayor porcentaje (%) de la superficie del grano queda expuesta al aire.

## 10.2. Análisis del contenido de humedad del grano de cacao

Esta prueba consiste en determinar el porcentaje de agua presente en los granos de cacao que han sido secados. En los centros de acopio tienen un equipo especial para medir la humedad,

pero en este caso se puede determinar el porcentaje de la humedad del grano con una prueba sencilla:

Se coloca una muestra de varios granos de cacao en las manos y se frota con ambas manos si los granos suenan y se quiebra su cáscara con facilidad, indica que estaría con un porcentaje de humedad de hasta 8 %.

Si en cambio, la cáscara no se desprende, ni suenan al frotarlos es que tienen un porcentaje de humedad mayor y les hace falta más tiempo de secado.

Y el caso más efectivo sería medirlo con un instrumento de medida de humedad de granos, llamado humidímetro, el cual arrojaría datos precisos, como se muestra en la fotografía 7.



**Fotografía 7:** Medida de humedad de grano seco.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

### Pruebas del porcentaje de humedad.

En la tabla 6 se muestran los datos de humedad de los granos de cacao medidos, posterior al proceso de secado, empleando un medidor de humedad de granos, reflejando las pruebas 2 y 4 un porcentaje óptimo de secado.

**Tabla 6:** Prueba de porcentaje de humedad.

DATOS	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
1	7.4%	7.5%	7.1%	7.1%	7.3%
2	7.4%	7.5%	7.1%	7.1%	7.3%
3	7.4%	7.5%	7.1%	7.1%	7.3%

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

### 10.3. Análisis de temperatura dentro del invernadero

#### Medidas tomadas en distintos puntos del invernadero sin sistema de control.

En las tablas 7 y 8, se muestran los datos medidos dentro del invernadero, en un día nublado tomando en cuenta distintos puntos del mismo.

**Tabla 7:** Datos medidos a las 11h00 día nublado, sin precipitación.

Altura	Entrada invernadero (Temp.)	Punto medio del invernadero (Temp.)	Final del invernadero (Temp.)	Hora del día	Observaciones
1.70 m	26.4 °C	27.8 °C	26.8 °C	11h00	Estado del día nublado, sin precipitación
1.00 m	26.0 °C	26.8 °C	26.0 °C	11h00	Estado del día nublado, sin precipitación

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 8:** Datos medidos a las 15h00 día nublado, sin precipitación.

Altura	Entrada invernadero (Temp.)	Punto medio del invernadero (Temp.)	Final del invernadero (Temp.)	Hora del día	Observaciones
1.70 m	26.8 °C	28 °C	27 °C	15h00	Estado del día nublado, sin precipitación
1.00 m	26.4 °C	27 °C	26.0 °C	15h00	Estado del día nublado, sin precipitación

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

En las tablas 9 y 10, se muestran los datos medidos dentro del invernadero, en un día soleado tomando en cuenta distintos puntos del mismo.

**Tabla 9:** Datos medidos a las 11h00 día soleado.

Altura	Entrada invernadero (Temp.)	Punto medio del invernadero (Temp.)	Final del invernadero (Temp.)	Hora del día	Observaciones
1.70 m	32.9 °C	32.8 °C	32.8 °C	11h00	Soleado
1.00 m	32.7 °C	32.0 °C	32.1 °C	11h00	Soleado

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 10:** Datos medidos a las 15h00 día soleado.

Altura	Entrada invernadero (Temp.)	Punto medio del invernadero (Temp.)	Final del invernadero (Temp.)	Hora del día	Observaciones
1.70 m	36.9 °C	35.8 °C	34.8 °C	15h00	Soleado
1.00 m	36.7°C	36.0 °C	35.1 °C	15h00	Soleado

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

### Medidas tomadas en distintos puntos del invernadero con sistema de control.

En la tabla 11, se muestran las medidas tomadas en distintos puntos del invernadero considerando que el día se encuentre nublado.

**Tabla 11:** Datos medidos a las 11h00 día nublado, sin precipitación sistema controlado.

Altura	Entrada invernadero (Temp.)	Punto medio del invernadero (Temp.)	Final del invernadero (Temp.)	Hora del día	Observaciones
1.70 m	43.3 °C	43.4 °C	43.4 °C	11h00	Estado del día nublado, sin precipitación
1.00 m	43.4 °C	43.5 °C	43.5 °C	11h00	Estado del día nublado, sin precipitación

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

En la tabla 12, se muestran las medidas tomadas en distintos puntos del invernadero considerando que el día se encuentre soleado.

**Tabla 12:** Datos medidos a las 15h00 día soleado sistema controlado.

Altura	Entrada invernadero (Temp.)	Punto medio del invernadero (Temp.)	Final del invernadero (Temp.)	Hora del día	Observaciones
1.70 m	49.8 °C	49.8 °C	49.8°C	15h00	Soleado
1.00 m	49.9 °C	49.9 °C	49.9°C	15h00	Soleado

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Los datos medidos, una vez implementado el sistema de control, varían según el aire caliente se mantenga dentro del invernadero, esto se debe que existen pérdidas debido a la entrada de los trabajadores, además, perdidas indeseadas; con este nuevo sistema se logró secar el cacao

en menos tiempo, disminuyendo dos días de secado, donde normalmente se emplean cinco días después de la fermentación.

#### 10.4. Análisis económico y financiero

Técnicas y normas que se utilizan para diagnosticar, la situación que debe tener una empresa para generar beneficios cumpliendo con todo el capital adeudado.

#### Flujo de caja

En las tablas 13-17 se muestra el análisis del flujo de caja, es decir ingresos y egresos del proceso de la poscosecha del cacao.

**Tabla 13:** Consumo de combustible.

RUBROS	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Consumo de combustible al día.	1,67 (l/h)	l/día	22
Consumo de combustible a la semana.	8,35 (l/h)	l/semana	88
Consumo de combustible al año.	33,4 (l/h)	l/año	1056
Cantidad de galones consumidos a la semana.	18 galones	galones/semana	\$ 18,54
Cantidad de galones consumidos al mes.	72 galones	galones/mes	\$ 74,16
Cantidad de galones consumidos al año.	864 galones	galones/año	\$ 889,92

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 14:** Consumo de electricidad.

VARIABLE	UNIDAD	VALOR
Potencia del motor generador	kW	0,3
Potencia del motor extractor	kW	1,6
Consumo semanal de electricidad.	kWh/semana	55
Consumo mensual de electricidad.	kWh/mes	220
Consumo anual de electricidad.	kWh/año	2.640

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 15:** Costos de los rubros.

RUBROS	UNIDAD	VALOR
Costo del galón de diésel.	\$/gal	1,03
Costo de kWh de la electricidad.	\$/kWh	0,09
Potencia del motor generador	HP	0,4
Potencia del motor extractor	HP	2.14
Costo de semillas de cacao húmedas.	\$/quintal	40,00
Costo de semillas de cacao secas.	\$/quintal	114,00
Costo del sistema de control de temperatura.	\$	3058,09

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 16:** Costo de la electricidad.

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	VALOR
Costo semanal de electricidad.	ELEPCO SA	\$/semana	4,95
Costo mensual de electricidad.	ELEPCO SA	\$/mes	19,80
Costo anual de electricidad.	ELEPCO SA	\$/año	237,60

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 17:** Ingresos económicos.

VARIABLE	UNIDAD	VALOR
Egresos por venta de cacao húmedo.	\$/año	48.000,00
Ingreso por venta de cacao seco.	\$/año	51.984,00
Ganancia bruta.	\$/año	3.984,00
Ganancia neta	\$/año	2.856,41

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Según la tabla 17 se puede deducir que se obtiene una ganancia neta de \$ 2.856,41 anual, es decir es la ganancia que se obtiene descontando los egresos como son consumo de luz y combustible es el proceso de secado.

### Evaluación financiera (TIR y VAN)

Por lo general en todo proyecto es vital tener en contexto la viabilidad financiera y la rentabilidad del mismo, de esto se encargan estas dos herramientas; tasa interna de retorno (TIR) y el Valor Actual Neto (VAN).

#### Valor Actual Neto (VAN)

Según Mete (2014), el Valor Actual Neto de un proyecto es el valor actual/presente de los flujos de efectivo netos de una propuesta, entendiéndose por flujos de efectivo netos la diferencia entre los ingresos y egresos periódicos.

Para calcular el Valor Actual Neto se empleó la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)^1} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n} \quad (5)$$

Dónde:

**VAN:** es el Valor Actual Neto

**$I_0$ :** es la inversión realizada en el momento inicial (t = 0)

**k:** Costo de capital

**$F_t$ :** son los flujos de dinero en cada periodo t

**n:** es el número de periodos de tiempo.

**Tabla 18:** Cálculo del Valor Actual Neto (VAN).

AÑO	UNIDAD	FLUJO BENEFICIO	FLUJO COSTO	FLUJO NETO	VAN
1	\$	3.984,00	1.127,59	2.856,41	2.596,74
2	\$	5.500,00	1.500,00	4.000,00	3.305,79
3	\$	6.500,00	1.500,00	5.000,00	3.756,57
4	\$	8.000,00	2.000,00	6.000,00	4.098,08
5	\$	9.500,00	2.500,00	7.000,00	4.346,45
					<b>15.045,54</b>

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

El Valor Actual Neto (VAN) es positivo generando un ingreso de \$ 15.045,54 en sus primeros 5 años demostrando que el proyecto es viable puesto que este no es inferior a “0”.

### Tasa interna de retorno (TIR)

Se define como la tasa de retorno que iguala el valor presente de los ingresos del proyecto con el valor presente de los egresos. Es la tasa de interés que, utiliza en el cálculo del Valor Actual Neto, hace que este sea igual a 0 (Mete, 2014).

Para calcular la tasa interna de retorno se utilizó la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)^1} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (6)$$

Dónde:

**TIR:** es la Tasa Interna de Retorno (r)

**$I_0$ :** es la inversión realizada en el momento inicial (t = 0)

**$F_t$ :** son los flujos de dinero en cada periodo t

**n:** es el número de periodos de tiempo.

El proyecto es viable ya que arroja un  $TIR=117.452 \cong 118\%$ , siendo positivo, ya que su tasa de retorno es de dos años lo cual quiere decir que a partir del segundo año en adelante el sistema de secado de cacao generara ganancias netas.

**Tabla 19:** Cálculo de la tasa de retorno (TIR).

<b>AÑO</b>	<b>RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (\$)</b>	<b>RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN (%)</b>
0	3058,09	100
1	2.596,74	84,91 $\cong$ 85
2	3.305,79	15,09
3	3.756,57	
4	4.098,08	
5	4.346,45	
TIR		117,452 $\cong$ 118%

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 20:** Aproximación de producción sin el sistema implementado.

	<b>Número aproximado de quintales en baba</b>	<b>Número aproximado de quintales secos</b>	<b>Valor en dólares del quintal en baba</b>	<b>Valor en dólares del quintal seco</b>
Semanales	20	7.5	\$ 800,00	\$ 855,00
Mensuales	80	30	\$ 3.200,00	\$ 3420,00
Anuales	960	360	\$ 38.400,00	\$ 41.040,00

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

**Tabla 21:** Aproximación de producción con el sistema implementado.

	<b>Número aproximado de quintales en baba</b>	<b>Número aproximado de quintales secos</b>	<b>Valor en dólares del quintal en baba</b>	<b>Valor en dólares del quintal seco</b>
Semanales	25	9.5	\$ 1.000	\$ 1.083,00
Mensuales	100	38	\$ 4.000	\$ 4.332,00
Anuales	1200	456	\$ 48.000,00	\$ 51.984,00

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Se puede analizar según la tabla 20; teniendo en cuenta el costo del quintal de cacao seco se encuentre en el mercado en \$ 114,00 dólares y en baba 40,00 dólares, se obtiene sin el sistema implementado una ganancia de \$ 55 dólares semanales, \$220,00 dólares mensuales y \$ 2.640,00 dólares anuales.

Mientras que según la tabla. 21; la ganancia obtenida con el sistema implementado es de \$ 83,00 semanales, \$332,00 mensuales y 3.984,00 anuales. En base a las ganancias que se obtuvieron sin y con el sistema implementado, se puede concluir que la ganancia semanal aumento en \$ 28,00 dólares semanales, \$112 dólares mensuales y \$ 1.344,00 dólares anuales, con lo cual se ratifica que este sistema de control automático de temperatura es viable.

## **11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)**

### **11.1. Impacto técnico**

Con la implementación de un sistema de ambiente controlado se logró crear un gran impacto técnico en cuanto al proceso de secado de granos de cacao en la provincia de Cotopaxi, ya que, en la actualidad las personas realizan el proceso de secado de forma rudimentaria sin el empleo de ninguna técnica de control. Hoy en día el uso de herramientas tecnológicas se ha hecho indispensable en la línea de producción, empleando dichas herramientas para obtener mejores resultados. Con el método artificial de ambiente controlado se logró manipular parámetros que influyen en el secado de cacao como: temperatura y humedad, para obtener un producto de calidad, el cual debe tener el grano de cacao para su venta; siendo esta técnica la cual permita obtener un cacao de calidad con una humedad de 7% regida a la INEN 176, el sistema funciona según necesidades del usuario ya que se puede monitorear según desee.

### **11.2. Impacto Social**

El presente proyecto beneficia directamente a todos los agricultores cacaoteros de la parroquia Guasaganda del cantón La Maná y sus familias contando con una fuente sostenible de ingresos provenientes del cacao; como consecuencia tenemos un alto crecimiento económico y productivo del sector, además consiguiendo que los agricultores del sector, cuenten con un centro de acopio que cumpla con un proceso de secado óptimo, en menor tiempo; aumentando así la productividad de cosecha y pos cosecha de cacao, a través de esta implementación.

### **11.3. Impacto Económico**

Este proyecto generó un gran impacto económico para los agricultores, ya que, este tendrá un mejor resultado en el proceso de secado de los granos de cacao, lo que generara un producto con una humedad apropiada para su comercialización, obteniendo más ingresos económicos en su venta y de manera más rápida, dado que, con la implementación de sistemas que monitoreen ciertos parámetros como temperatura y humedad en el proceso de secado los granos de cacao no se echan a perder, lo que es favorable para los propietarios de la asociación, además comprobando que el proyecto es viable según su análisis de TIR y VAN arrojando datos positivos, indicando que el proyecto es ejecutable.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO:

En la tabla 22 se detallan los elementos empleados en la implementación del proyecto.

**Tabla 22.** Presupuesto de componentes del sistema de control.

CANT.	MATERIALES ELÉCTRICOS DE PROTECCIÓN	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Contactador LCD de 18	\$ 44.64	\$ 44.64
1	Contactador LCD de 12	\$ 47.32	\$ 47.32
1	Relé térmico de 2.5 a 4 A	\$ 48.21	\$ 48.21
1	Relé térmico de 4 a 6 A	\$ 48.22	\$ 48.22
1	Breaker de 20 A bifásico Schneider	\$ 7.05	\$ 7.05
2	Breaker de 10 A bifásico Schneider	\$ 7.05	\$ 14.10
1	Breaker de 6 A bifásico Schneider	\$ 7.05	\$ 7.05
1	Breaker de 4 A bifásico HBB	\$ 12.50	\$ 12.50
2	Relés magnéticos de 8 pines CAMSCO 220 V AC.	\$ 5.89	\$ 11.78
2	Porta fusibles CAMSCO 4 A.	\$ 2.14	\$ 4.28
2	Fusibles de 4 A CAMSCO.	\$ 0.80	\$ 1.60
	Total		\$ 246.75
	<b>CONTROLADORES DEL SISTEMA</b>		
1	LOGO siemens 8.2 110-220 V AC.	\$ 160.71	\$ 160.71
1	Controlador de temperatura y humedad MT-530E	\$ 193.60	\$ 193.60
	Total		\$ 354.31
	<b>ACTUADORES ELECTROMECAÑICOS</b>		
1	Ventilador siemens de 220 V AC.	\$ 395.00	\$ 395.00
1	Generador de aire caliente MASTER BV 290 E	\$ 1500.00	\$ 1500.00
	Total		\$ 1895.00
	<b>MATERIALES ELÉCTRICOS</b>		
10m	Cable flexible #16.	\$ 0.21	\$ 2.10
2	Borneras para cable #2 para riel DIN.	\$ 1.96	\$ 3.92
1	Borneras de tierra #8 para riel DIN.	\$ 4.29	\$ 4.29
4	Borneras para cable #6 para riel DIN.	\$ 1.56	\$ 6.24
6	Borneras para cable #12 para riel DIN.	\$ 0.67	\$ 4.02
4	Luces piloto CAMSCO a 220 V verdes y roja.	\$ 1.79	\$ 7.16
2	Selector de tres posiciones.	\$ 2.86	\$ 5.72
1	Puente de barra bifásico	\$ 2.86	\$ 2.86
	Total		\$ 36.31
	<b>MATERIALES VARIOS</b>		
1 1/2	Canaletas ranuras color gris de 60x25 cm	\$ 8.57	\$ 8.57
2	Bases para relé de 8 pines CAMSCO.	\$ 1.52	\$ 3.04
1	Lote de terminales.	\$ 6.07	\$ 6.07
10	Topes LEIPOL	\$ 0.27	\$ 2.70
1	Gabinete pesado BEAUCOUP de 60x40 x25cm.	\$ 65.18	\$ 65.18
1	Gabinete liviano BEAUCOUP de 20x20 x20cm.	\$ 19.46	\$ 19.46
1	Barra de riel DIN.	\$ 2.32	\$ 2.32
1/2	Libretin de marquillas de números.	\$ 3.13	\$ 3.13
1	Filtro de combustible	\$ 60.00	\$ 60.00
30	Tornillos auto perforantes de 1/2	\$ 0.02	\$ 0.60
	Total		\$ 198.07
		Subtotal	\$ 2730.44
		12% IVA	\$ 327.65
		<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3058.09</b>

Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 13.1. Conclusiones

- Se implementó un sistema de secado bajo invernadero con ambiente controlado, el cual está comandado por un LOGO V8.2, donde controla las variables de temperatura y humedad a través de un controlador MT-530E logrando secar los granos de cacao en menor tiempo y llegando a obtener un producto con una humedad del 7% según NTE INEN 176, lo cual incide en un impacto positivo dentro del proyecto.
- Asimismo, se tomó en cuenta dos variables la humedad y temperatura, siendo fundamentales en el proceso de secado de cacao, además, se identificó como elementos principales para el control de temperatura y humedad a los siguientes dispositivos: un generador de aire caliente, extractor, LOGO V8.2, controlador de temperatura y humedad MT-530E y dispositivos de protección como relés y *breakers*.
- Posteriormente, se realizó el diseño del sistema de mando y potencia para el control de la temperatura y humedad mediante el software CADe\_SIMU, el cual permite editar y simular esquemas de automatismo eléctrico.
- Como resultado se elaboró una caja de control que opera de dos modos, automático y manual, según el operario desee trabajar ajustándose a sus necesidades, dentro de la caja se encuentran los dispositivos de protección y control del sistema.
- De igual forma se empleó el software LOGO soft Comfort V8.2 para la programación del sistema de control de temperatura y humedad, siendo un software sencillo de usar y de plataforma abierta para los estudiantes.
- Finalmente, se ubicaron los actuadores y caja de control en puntos específicos del invernadero, ubicando el generador de aire en el exterior, ya que, este emite gases de efecto invernadero al ser de combustión indirecta, el ventilador en la parte posterior del invernadero y el controlador se ubicó en el centro del invernadero para medir la temperatura y humedad.

### 13.2. Recomendaciones

- Tomar en cuenta los parámetros físicos del cacao, la temperatura y humedad con la que ingresa al invernadero después de su fermentación correspondiente al proceso de secado, hay que tener en cuenta que la temperatura de los granos de cacao no debe sobrepasar los 30 °C, ya que con esto pierden parte de sus propiedades orgánicas y la humedad aproximada se estima entre el 50 y 60% de contenido de agua en el grano.
- Se debe considerar donde ubicar los generadores de aire caliente, ya que estos pueden instalarse dentro o fuera del invernadero dependiendo su necesidad, se tendrá presente si son directos o indirectos.
- Se recomienda remover los granos de cacao constantemente para tener un secado uniforme en todos los granos, separar los granos, para que no se peguen entre sí y evitar el crecimiento de moho.
- El secado debe ser controlado para remover la humedad a un ritmo que evite el endurecimiento de la cáscara, es decir, cuando hay un secado rápido del exterior del grano, pero hay una retención de humedad dentro del grano.
- El controlador MT-530E se lo sugiere usar ya que presenta un menú amplio donde da la facilidad de fijar la temperatura y humedad deseada según se requiera en el recinto a controlar, pudiendo variar su temperatura y humedad según el usuario lo requiera. .
- Se sugiere emplear el LOGO para el control de otras variables que se deseen implementar en un futuro, ya que, este dispositivo genera una facilidad en cuanto a su programación, estos son más flexibles y escalables.
- Para mejorar la distribución del aire caliente de manera uniforme, se recomienda utilizar conductos perforados alrededor de las mesas.

## 14. BIBLIOGRAFÍA

- Barbecho Guailas, , A. F., & Loja Juca, J. C. (Enero de 2019). Desarrollo de un prototipo de máquina híbrida de secado de cacao con sistema de control automático de temperatura.
- Alcalde San Miguel, P. (2019). Reglamento electrotécnico para Baja Tensión 4.ª edición. España: Paraninfo, S.A.
- Alvarez , M. P. (2005). Controladores Logicos. Barcelona: MARCOMBO S.A.
- Alvarez, E. N. (2017). Introducción a la Instrumentación:. Obtenido de Instrumentacion (sensores, transmisor y transductor): <http://www.fi.uba.ar/laboratorios/lscm/SITIOCON.htm>
- Baena Paz, G. (2014). Metodología de la investigación. México: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.
- Baeza Romero, E. J., Montero, J. I., Parra, J. P., Bailey, B. J., López Hernández, J. C., & Gázquez Garrido, J. C. (2014). Avances en el estudio de la ventilación natural (Cajamar Caja Rural ed.).
- Balcells, J., & Romeral, J. L. (1997). Autómatas programables. Barcelona: MUNDO ELECTRONICO.
- Balcells, J., Romeral, J. L., & Romeral , M. L. (1997). Sensores y actuadores. . Barcelona - España: MARCOMBO S.A.
- Barriero Hidalgo , C. M., & Lema Quinzo, J. C. (2009). DISEÑO DE UN SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN PARA INVERNADEROS DE CULTIVO DE FLORES, A TRAVÉS DE SOFTWARE. Riobamba.
- BEAUCOUP. (30 de noviembre de 2018). Catálogo de productos. Obtenido de <https://www.inselec.com.ec/wp-content/uploads/2018/12/CATALOGO-BEAUCOUP.pdf>
- CAOBISCO/ECA/FCC. (2015). Cacao en Grano: Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao. End, M.J. and Dand, R., Editors.
- Chimbo, J. d. (2016). "Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo y control de humedad y temperatura para Invernadero con Administración SNMP".
- Clasificación Internacional de Patentes CIP . (13 de Abril de 2014). Invernadero, sistema de control de la climatización de un invernadero y procedimiento de control de la climatización de un invernadero. Obtenido de Sistema para la regulación de la

- climatización de un invernadero por medio de agua de refrigeración,:  
<https://patentados.com/2014/invernadero-sistema-de-control>
- Cobán. (Julio de 2014). Secadora Solar tipo Invernadero. Obtenido de Anacafé:  
[https://www.feedingknowledge.net/02-search?p\\_p\\_id=1\\_WAR\\_feeding\\_knowledgeportlet&p\\_p\\_lifecycle=2&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_cacheability=cacheLevelPage&\\_1\\_WAR\\_feeding\\_knowledgeportlet\\_cmd=serveAttachment&\\_1\\_WAR\\_feeding\\_knowledgeportlet\\_stepAtta](https://www.feedingknowledge.net/02-search?p_p_id=1_WAR_feeding_knowledgeportlet&p_p_lifecycle=2&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_cacheability=cacheLevelPage&_1_WAR_feeding_knowledgeportlet_cmd=serveAttachment&_1_WAR_feeding_knowledgeportlet_stepAtta)
  - Cros E. Jeanjean N. (1995). Cocoa quality: effect of fermentation and drying. En Plantations (págs. p. 25-27). research developement.
  - Dominion Industrial. (24 de marzo de 2014). Aplicaciones Industriales – Control de temperatura. Obtenido de <https://dominionindustrial.wordpress.com/2014/03/24/aplicaciones-industriales-control-de-temperatura/>
  - Enríquez, G. (2004). Cacao Orgánico. Guía para Productores Ecuatorianos. Ecuador: Instituto Nacional Autónomo de investigaciones Agropecuarias INIAP.
  - Estrada Paredes, J. J. (2012). Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos. Bolivia: FAO Bolivia.
  - GAD Parroquial Guasaganda. (10 de octubre de 2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del del Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Guasaganda. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/0560019050001\\_GUASAGANDA%20FINAL%202015\\_30-10-2015\\_14-34-33.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0560019050001_GUASAGANDA%20FINAL%202015_30-10-2015_14-34-33.pdf)
  - Gómez Luna, E., Fernando Navas, D., Aponte Mayor, G., & Betancourt Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 158-163.
  - Gonzales, J. (2018). Diseño e implementación de un control de Temperatura y humedad para un prototipo de incubadora artificial de pollos.
  - González Martínez , A., Díez Suarez , A. M., Díaz, L., Gil, A., & Vega Barrallo, B. (2015). Eficiencia energética en las instalaciones de calefacción y ACS en los edificios. (S. A. Paraninfo, Ed.) España.
  - INEN. (08 de Febrero de 2018). NTE INEN 176 GRANOS DE CACAO. REQUISITOS. Obtenido de [http://181.112.149.204/buzon/normas/nte\\_inen\\_176-5.pdf](http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf)

- Infoagro. (25 de abril de 2019). Control Climático en Invernaderos. Obtenido de [http://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/control\\_climatico2.htm](http://www.infoagro.com/industria_auxiliar/control_climatico2.htm)
- INIAP. (2012). Influencia de la agronomía y cosecha sobre la calidad del cacao.
- Lopera Echavarría, J. D., Ramírez Gómez, C. A., Zuluaga Aristizába, M. U., & Ortiz Vanegas, J. (2010). El método analítico como método natural. *Nómadas. Revista Crítica de Ciencias Sociales y Jurídicas*.
- López Chica, J. A. (2015). Desarrollo de un sistema de secado de cacao de aroma, utilizando combustible convencional y energía renovable. (Tesis de Grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador.
- Mathas, C. (27 de octubre de 2011). Digi\_Key. Obtenido de Digi\_Key: <https://www.digikkey.com/es/articles/techzone/2011/oct/temperature-sensors-the-basics>
- Maureira Poveda, J. P. (2006). Diseño y simulación de un secador de granos de cacao con colectores. Tesis de ingeniería. (Tesis de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico). Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui, Pichincha.
- Mete, M. R. (2014). Valor Actual Neto y Tasa de Retorno: se utilidad como herramientas para el análisis y evaluación de proyectos de inversion. *FIDES ET RATIO*, 67-85.
- Naylamp. (2019). Sensor de temperatura . Obtenido de <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/322-sensor-de-temperatura-pt100-3-hilos.html>
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). Metodología de la Investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Bogotá: Ediciones de la U.
- Oviedo, U. d. (Noviembre de 2014). AUTÓMATAS PROGRAMABLES. Obtenido de PLC's Visión General: [http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc\\_resumen.pdf](http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc_resumen.pdf)
- Parra, P. (2017). Modelación de un proceso de secado de cacao utilizando una cámara rotatoria cilíndrica y flujo de aire caliente (Tesis doctoral en Ingeniería con Mención en Automatización, Control y Optimización de Procesos). Piura, Perú: Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería.
- Portillo, E; Graziani L. y Cros E. (2006.). Efectos de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L. *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*., 23., p. 49-57.

- POSCOSECHA CACAO. (agosto de 2017). Métodos de secado de cacao. Obtenido de <http://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>
- Quintanilla, G. (29 de marzo de 2017). Análisis Físico de los granos de cacao. El Salvador .
- Quiroz, J. (2012). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estudio Caso Ecuador. III Congreso Brasileiro Do Cacau, Innovación Tecnología y Sustentabilidad. Brasil.
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Revista Escuela de Administración de Negocios, núm. 82, 1-26.
- Rojas Cairampoma, M. (2015). Tipos de Investigación científica: Una simplificación de la complicada incoherente nomenclatura y clasificación. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, vol. 16, 1-15.
- Saincal. (16 de Enero de 2015). El quemador, la chispa que enciende tu confort. Obtenido de <https://www.saincal.com/el-quemador-la-chispa-que-enciende-tu-confort/>
- Sandy, X., Reza , C., Espinoza , J., & Arellano, G. (2015). Control de fermentado y evaluación de un prototipo de secador con ambiente controlado para cacao. Bolivia: Wildlife Conservation Society (WCS).
- Siemens. (1 de mayo de 2017). Motores y ventiladores. Obtenido de [https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTAPRECIOS\\_SIEMENSMAY17.pdf](https://www.industry.siemens.com/home/aan/es/ecuador/Documents/LISTAPRECIOS_SIEMENSMAY17.pdf)
- SISCODE, S. d. (20 de Diciembre de 2015). Sensores. Obtenido de <http://siscode.com>
- TECNOVAPOR. (03 de Julio de 2019). Obtenido de [https://www.tecnovapor.com.ec/images/img\\_quemador\\_calentamiento\\_aire\\_serieMJ3.png](https://www.tecnovapor.com.ec/images/img_quemador_calentamiento_aire_serieMJ3.png)
- Vera Gil, B. (2008). Conductos de aire .
- Villajulca, J. C. (18 de junio de 2019). Control ON/OFF o Todo/Nada. Obtenido de InstrumentacionyControl.net: <https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>
- Vita Feed. (15 de 11 de 2019). Obtenido de <https://www.vitafeed.com.ec/index.php/productos/content/calentador-indirecto-master-bv-77-e>

# ANEXOS

Anexo 1: Datos informativos del tutor del proyecto.

## CURRICULUM VITAE



### INFORMACIÓN PERSONAL

**Nombres y Apellidos:** Paco Jovanni Vásquez Carrera  
**Cédula de Identidad:** 050175876-7  
**Lugar y fecha de nacimiento:** Latacunga, 20 de agosto de 1970  
**Estado Civil:** Casado  
**Tipo de Sangre:** ORH +  
**Domicilio:** Locoá, Av. Laguna Atilio y Laguna Cuyabeno  
**Teléfonos:** 0995092670 - 0987941281  
 032233601 - 032233462  
**Correo electrónico:** paco.vasquez@utc.edu.ec  
 pacovasc@hotmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS

**Primer Nivel:** Escuela Isidro Ayora (Latacunga)  
**Segundo Nivel:** Colegio Técnico “Ramón Barba Naranjo” (Latacunga)  
**Tecnológico Superior:** Escuela Politécnica del Ejército (ESPE)  
**Tercer Nivel:**  
 - Escuela Politécnica del Ejército “Carrera en Electrónica e Instrumentación”  
 - Universidad Tecnológica Indoamérica “Carrera Industrial.”  
**Cuarto Nivel:** Universidad Técnica de Cotopaxi “Maestría en Gestión de Energías”

### TÍTULOS

- Magister en Gestión de Energías
- Ingeniero en Ejecución en Electrónica e Instrumentación
- Ingeniero Industrial
- Tecnólogo en Control Automático
- Bachiller Técnico en Electricidad
- Chofer profesional tipo E

### IDIOMAS

Español (nativo)  
 Inglés (80%)

### CAPACITACIÓN EN EL ÁREA PEGAGOGICA

- TÉCNICAS ACTIVAS DE ENSEÑANZA SUPERIOR EFICAZ  
**Dictado:** COORED  
**Lugar y fecha:** Latacunga, 20 al 27 de agosto 2018.  
**Tiempo:** 60 horas

Anexo 2: Datos informativos del investigador 1 del proyecto.

## CURRICULUM VITAE



### INFORMACIÓN PERSONAL

**Nombres y Apellidos:** Christian Camilo Cuasquer Salazar  
**Cédula de Identidad:** 1087418969  
**Pasaporte:** FB394843  
**Lugar y Fecha de Nacimiento:** Pasto-Nariño, Colombia 18 de abril de 1993  
**Estado Civil:** Soltero  
**Tipo de Sangre:** OH +  
**Domicilio:** Av. La pista y galo plaza (La Maná)  
**Teléfonos:** 0991680333  
**Correo Electrónico:** christiakamilito@gmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS

**Primer Nivel:** Escuela “San Jun Bosco” Tuquerres, Nariño – Colombia.

**Segundo Nivel:** Institución Educativa “San Francisco de Asís” Tuquerres, Nariño–Colombia.

**Tercer Nivel:** Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera Ingeniería Electromecánica”.

### TÍTULOS

- Bachiller Unificado Internacional Colombia.

### IDIOMAS

- Suficiencia en el idioma inglés y español.

### CURSOS DE CAPACITACIÓN NACIONALES E INTERNACIONALES

- Cursos de torno y fresadora realizado en Centro de formación artesanal “Centro Técnico Quevedo” febrero – Julio del 2017.
- Certificación en Prevención en Riesgos Laborales con registro en el Sistema del SENESCYT, realizado del 12 al 14 de diciembre 2018.
- I Conferencia Científica Internacional Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná, el día 14 de enero del 2016.
- I Congreso Internacional De Electromecánica y Eléctrica. Centro de Investigación y Desarrollo Ecuador “CIDE” Santo Domingo, 15, 16, y 17 de junio del 2016.
- II Conferencia Científica Internacional de Energías Renovables y Eficiencia Energética- UTC La Maná 2016. Realizado los días 12, 13, 18 y 19 de noviembre del 2016.
- II Congreso Internacional De Electromecánica y Eléctrica Universidad Técnica de Cotopaxi, “CIDE” Latacunga, del 12 13 y 14 de julio de 2017.
- I Congreso Internacional de Investigación Científica. Universidad Técnica de Cotopaxi, Dirección de Investigación. Latacunga, del 22 al 24 de noviembre del 2017.

Anexo 3: Datos informativos del investigador 2 del proyecto.

## CURRICULUM VITAE



### INFORMACIÓN PERSONAL

**Nombres y Apellidos:** Jhonatan Alfredo Villegas Marcillo  
**Cédula de Identidad:** 1726921669  
**Lugar y fecha de nacimiento:** Sigchos, 29 de mayo de 1993  
**Estado Civil:** Soltero  
**Tipo de Sangre:** ORH +  
**Domicilio:** La Maná  
**Dirección:** Av. 27 de Noviembre y Enríquez Gallo  
**Teléfono:** 0323608042  
**Celular:** 0998707384  
**Correo electrónico:** jony\_villegas37@hotmail.com

### ESTUDIOS REALIZADOS

**Primaria:** Escuela Fiscal “Jorge Romero Pinto”  
**Secundaria:** Colegio Nacional Mixto “Dr. Emilio Uzcátegui”  
**Tercer Nivel:** Universidad Técnica de Cotopaxi “Carrera Ingeniería Electromecánica”

### TÍTULOS

- Bachiller Físico Matemático. Julio 2011.

### IDIOMAS

- Español (nativo)
- Suficiencia en el Idioma Inglés B1

### CURSOS DE CAPACITACIÓN NACIONALES

- I Conferencia Científica Internacional 2016 realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi-Extensión La Maná, el día 14 de enero del 2016.
- II Conferencia Científica Internacional de Energías Renovables y Eficiencia Energética- UTC La Maná 2016. Realizado los días 12, 13, 18 y 19 de noviembre del 2016.
- III Congreso Internacional de Investigación Científica UTC-La Maná, realizado desde el 29 al 31 de enero del 2018.
- Cursos de torno y fresadora realizado en Centro de formación artesanal “Centro Técnico Quevedo”
- Certificación en Prevención en Riesgos Laborales con registro en el Sistema del SENESCYT, realizado del 12 al 14 de diciembre.

Anexo 4: Ficha de observación.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI  
EXTENSIÓN LA MANÁ**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**TÍTULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA PARA EL SECADO DE CACAO EN UN INVERNADERO DE LA PARROQUIA GUASAGANDA DEL CANTÓN LA MANÁ”.

**Dirigido:** Centro de acopio “ASOPROCANAM”

**Objetivo:** Recopilar información acerca del proceso de secado y técnica empleada.

**Tabla 23:** Ficha de observación.

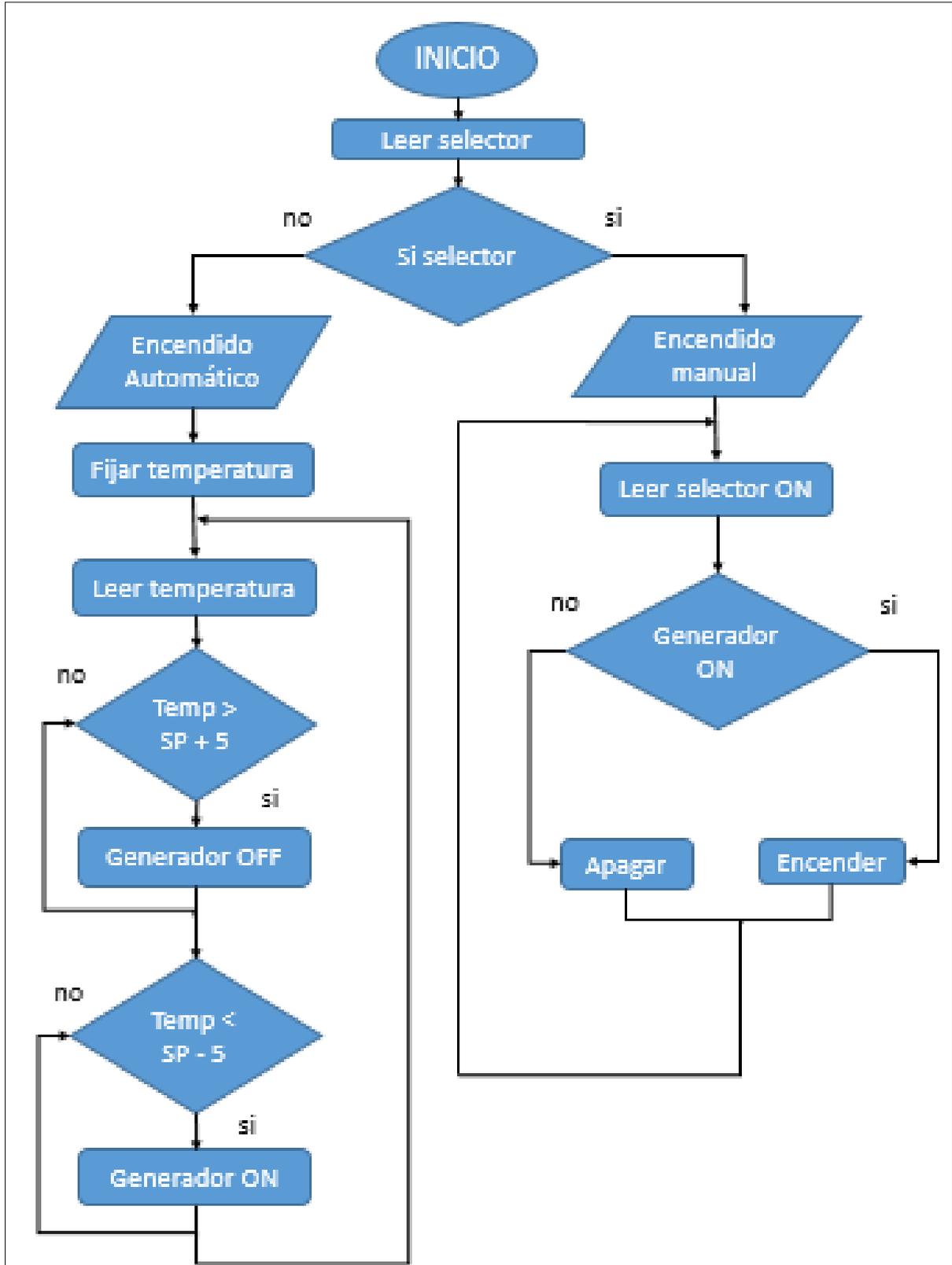
<b>FICHA DE OBSERVACIÓN</b>	
FICHA N° 1	Fecha y duración: 20 de abril del 2019 de 10:00 a 12:00
Elaborada por:	Cuasquer Salazar Christian Camilo Villegas Marcillo Jhonatan Alfredo
Lugar:	Parroquia Guasaganda del cantón La Maná
Palabras clave	Invernadero, secado de cacao
LO OBSERVADO	REGISTRO DE DATOS DEL INVERNADERO
Invernadero para secado de cacao.	Se procedió concurrir a la Parroquia Guasaganda del cantón La Maná específicamente al lugar de los hechos, para solicitar información acerca del proceso de secado del cacao empleado en la zona.
Charla con personal encargado.	El encargado del lugar de los hechos facilitó con la información requerida para la investigación, la cual fue de gran ayuda para llevar a cabo el desarrollo del proyecto, donde supieron explicar el método que emplean para el proceso de secado del cacao, se observó el control inadecuado de las variables dentro del proceso, en donde no existía un correcto control, por lo cual se procedió a tomar muestras como la media del área del invernadero así como datos de los parámetros físicos humedad y temperatura así como fotografías del lugar de los hechos.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

**Anexo 5:** Diagramas de flujo del sistema de control.

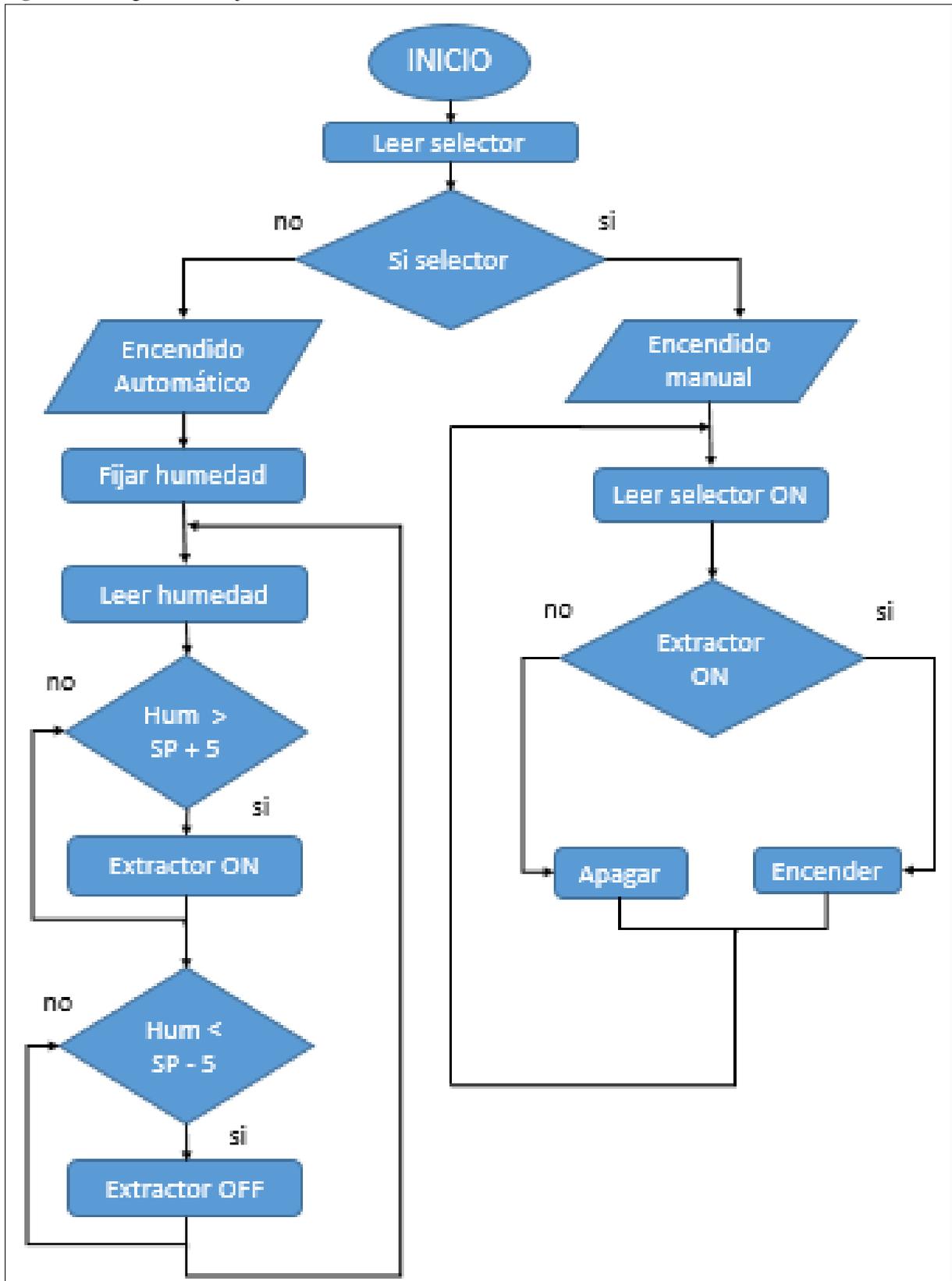
En las siguientes figuras 24-25 se muestra los diagramas de flujo del funcionamiento del sistema de control para el secado de cacao.

**Figura 24:** Diagrama de flujo del control de la temperatura.



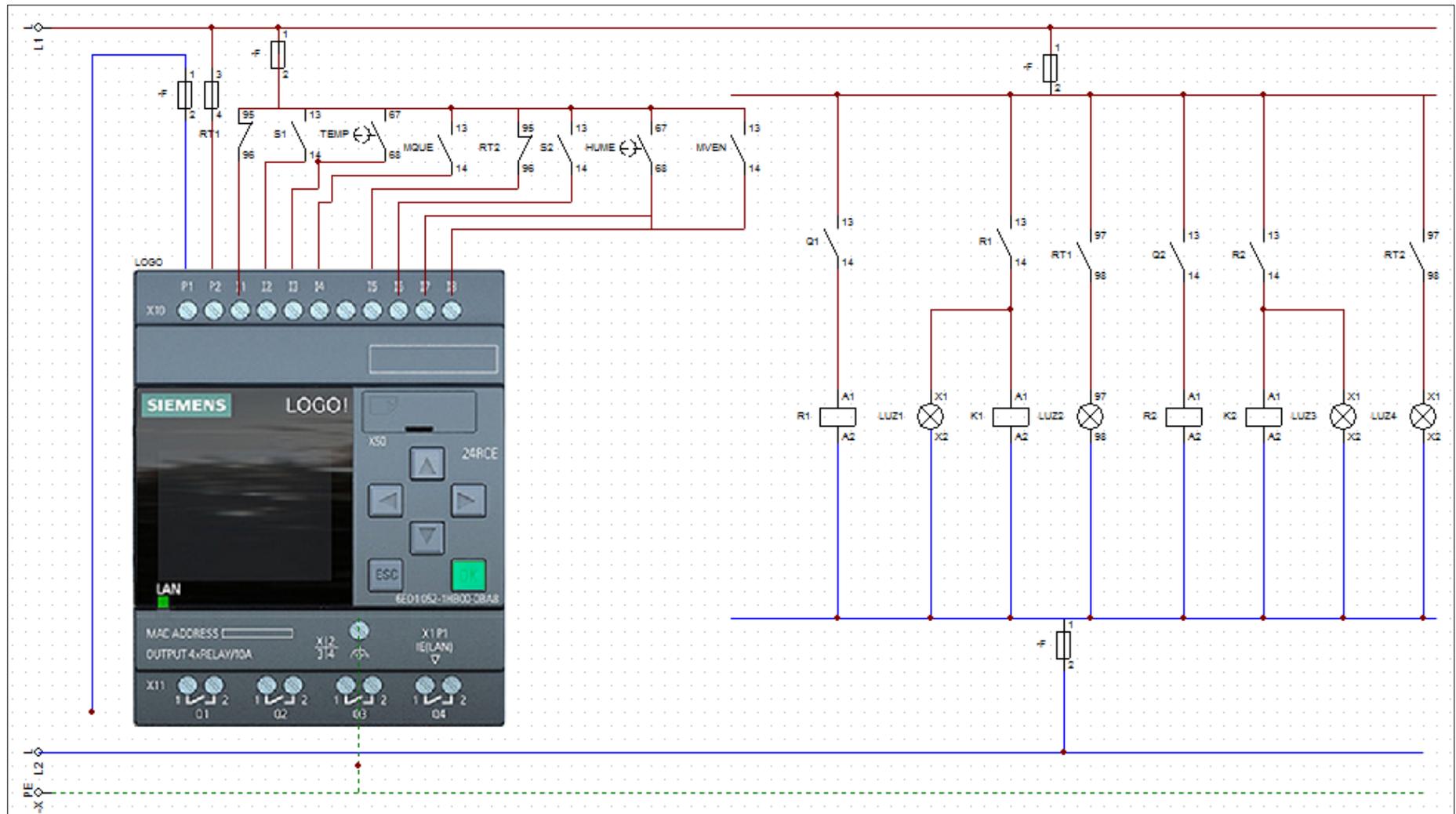
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

**Figura 25:** Diagrama de flujo del control de la humedad.



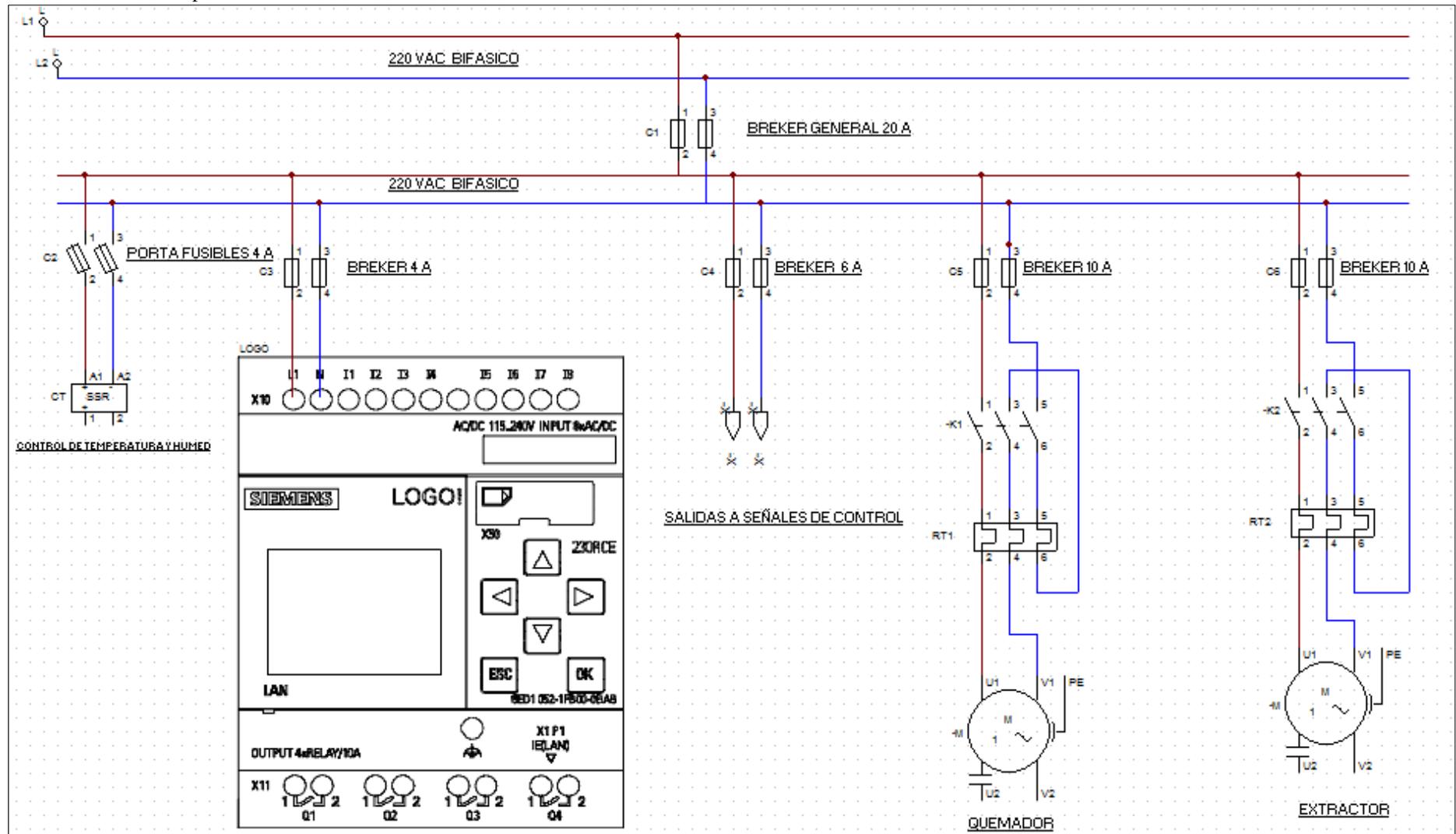
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 6: Circuito de control del sistema de secado de cacao.



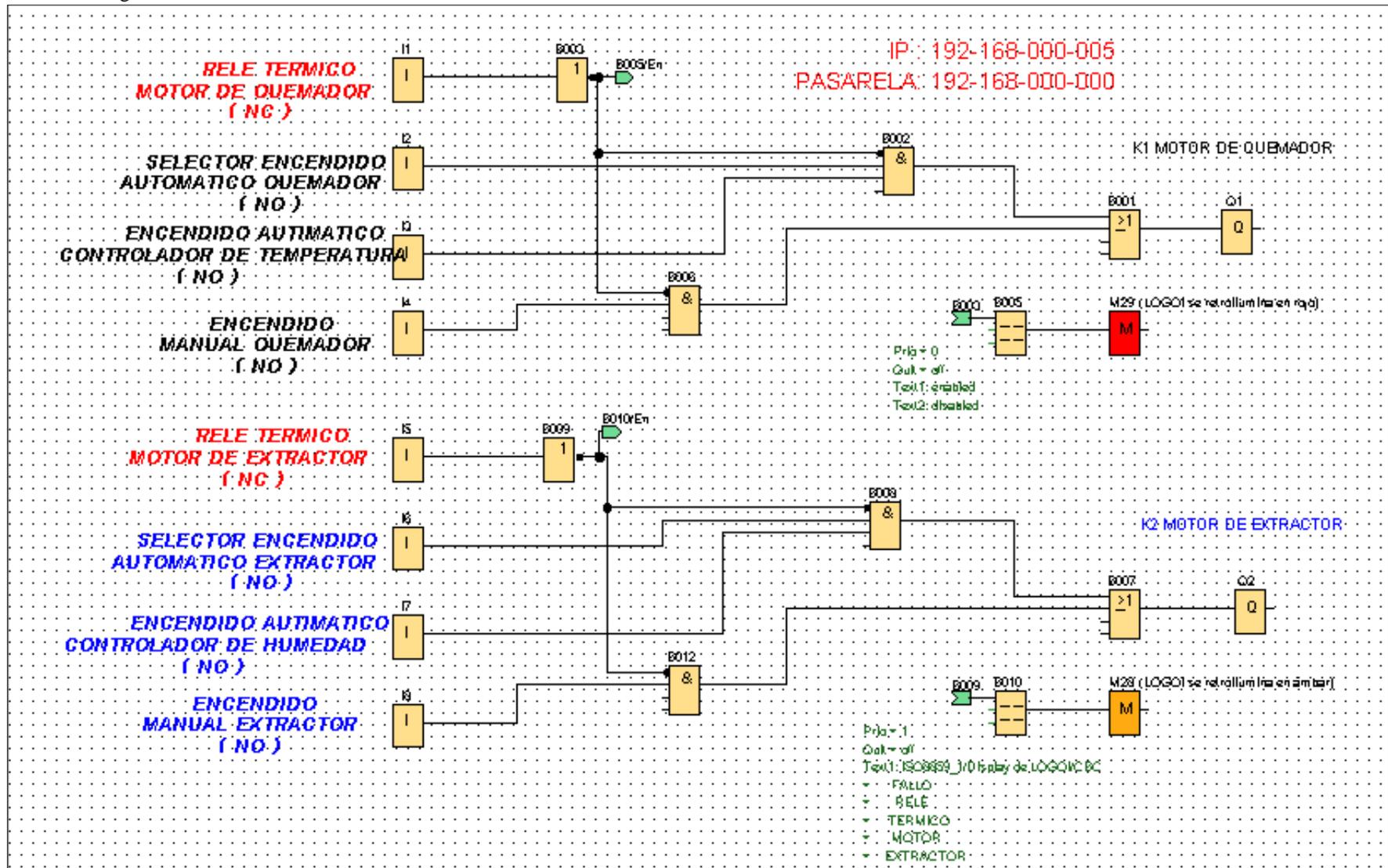
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 7: Circuito de potencia del sistema de secado.



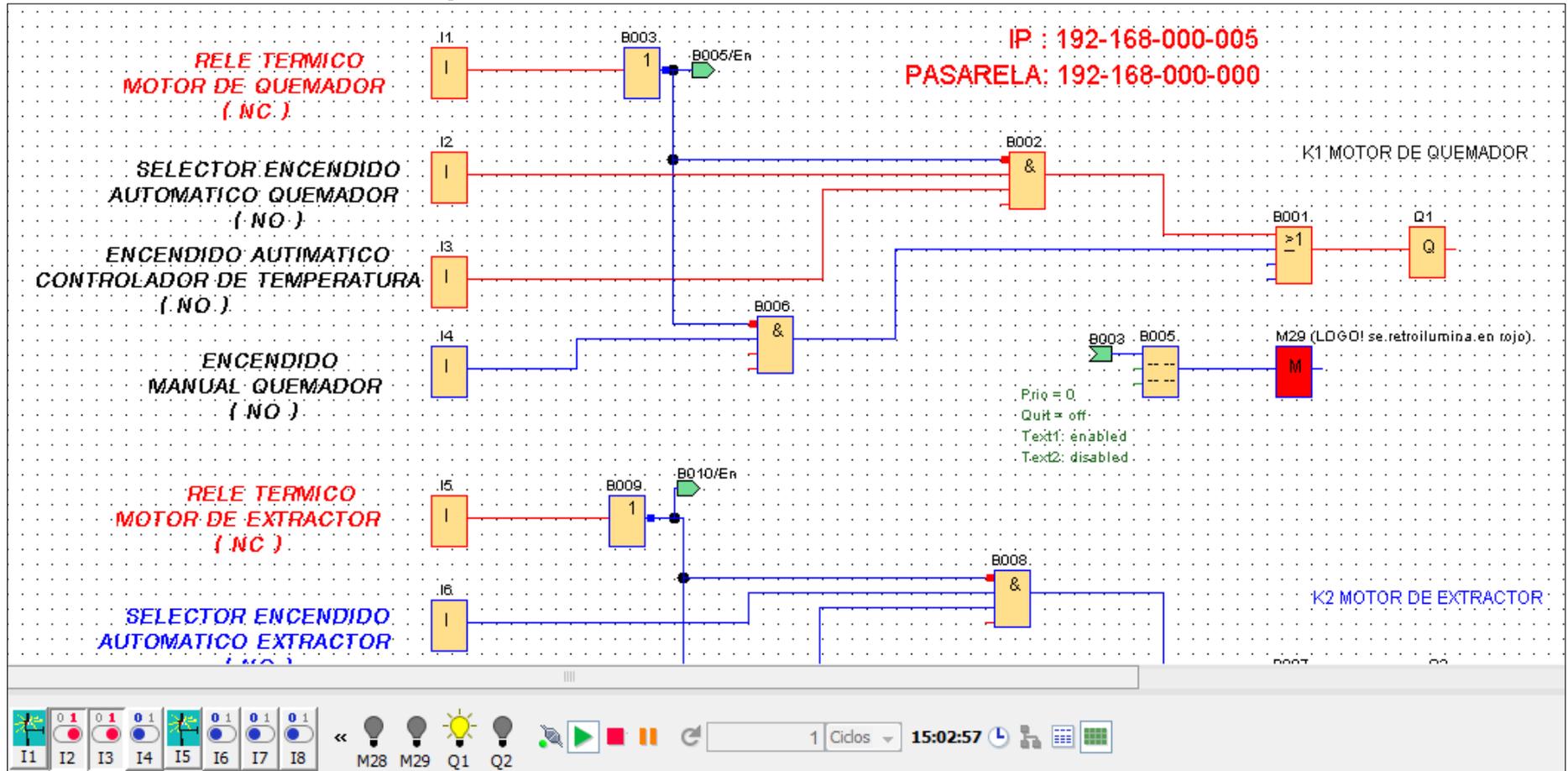
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 8: Programa de control del sistema de control.



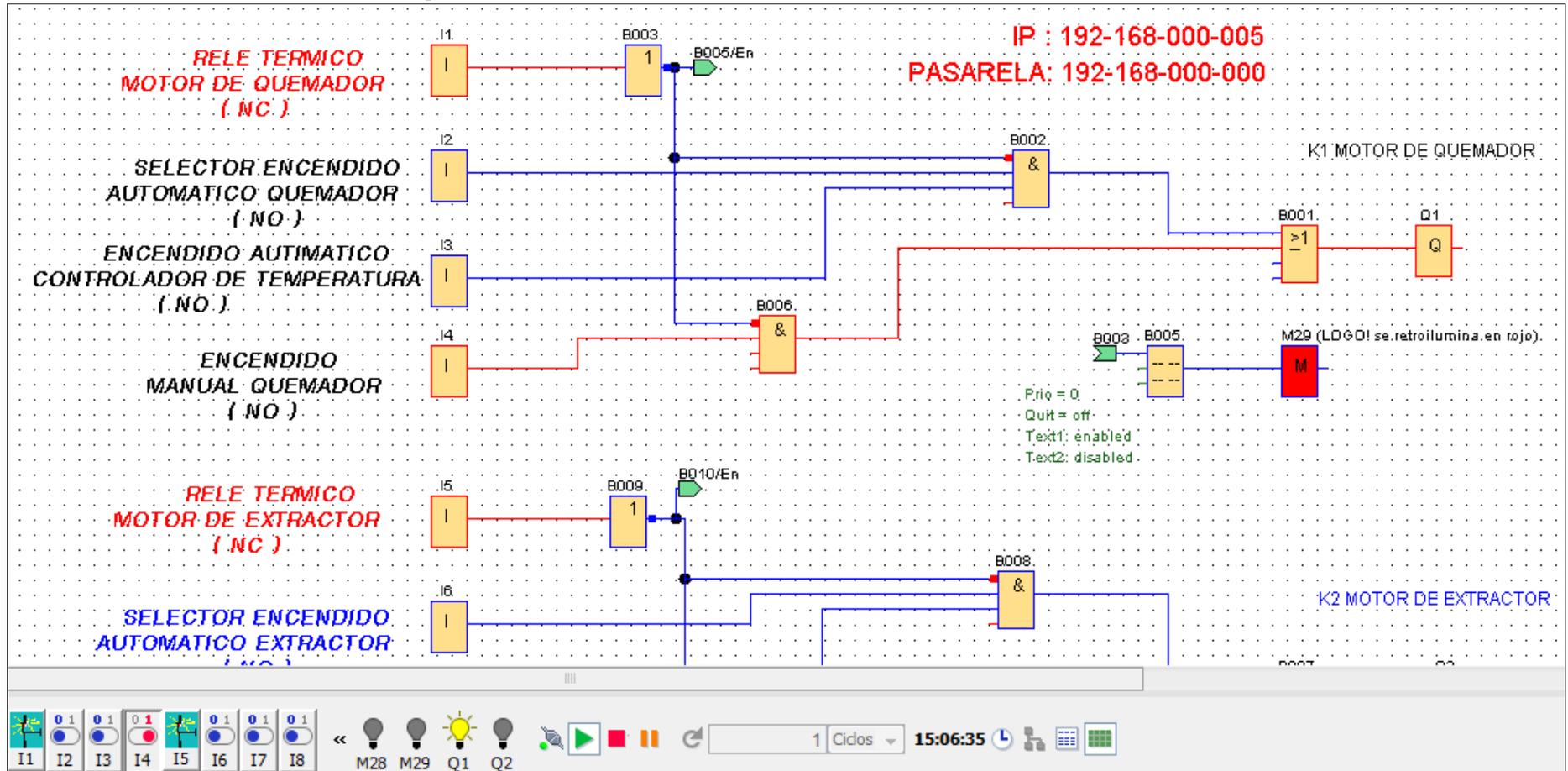
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 9: Simulación encendido automático del quemador.



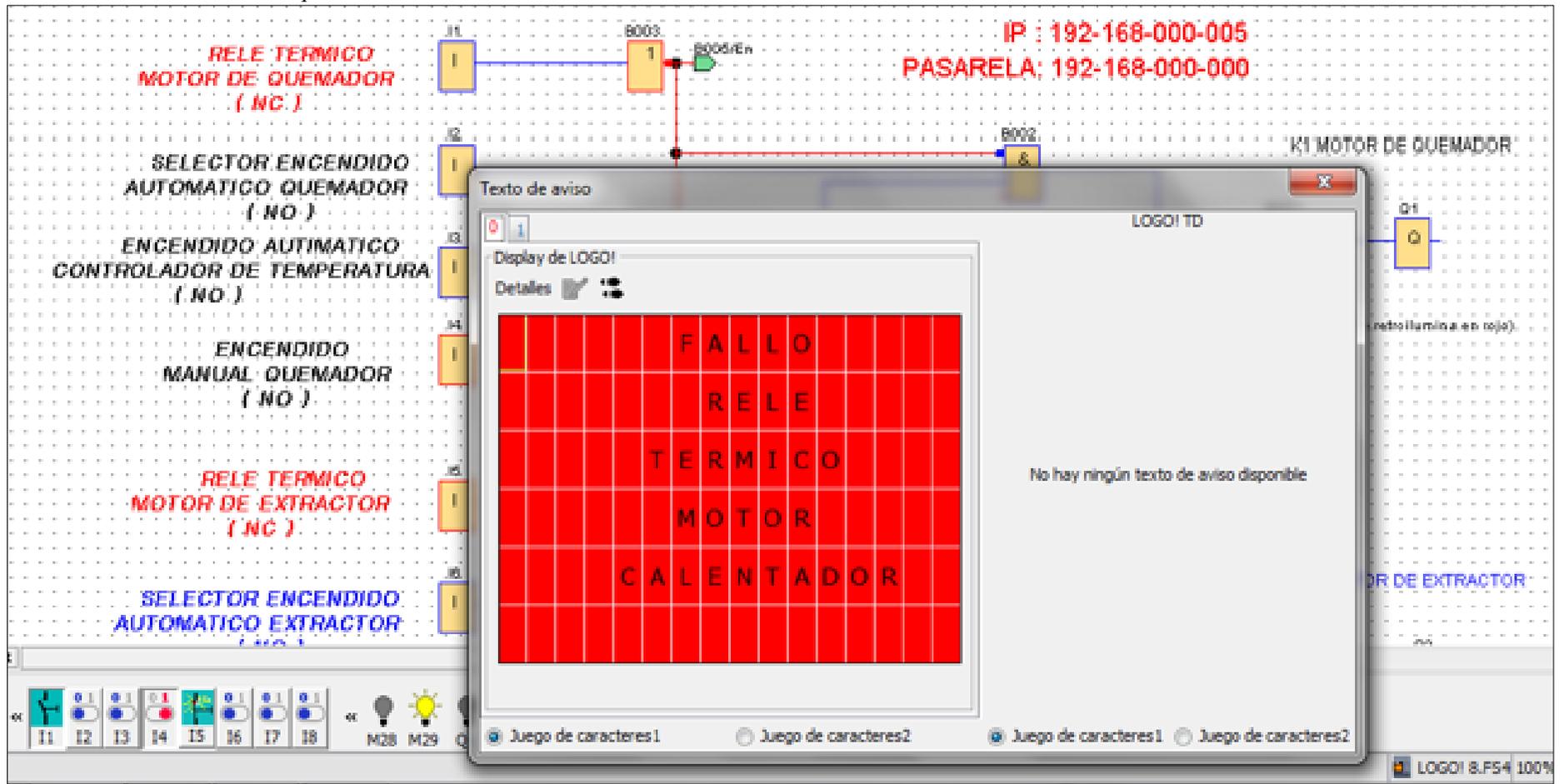
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 10: Simulación encendido manual del quemador.



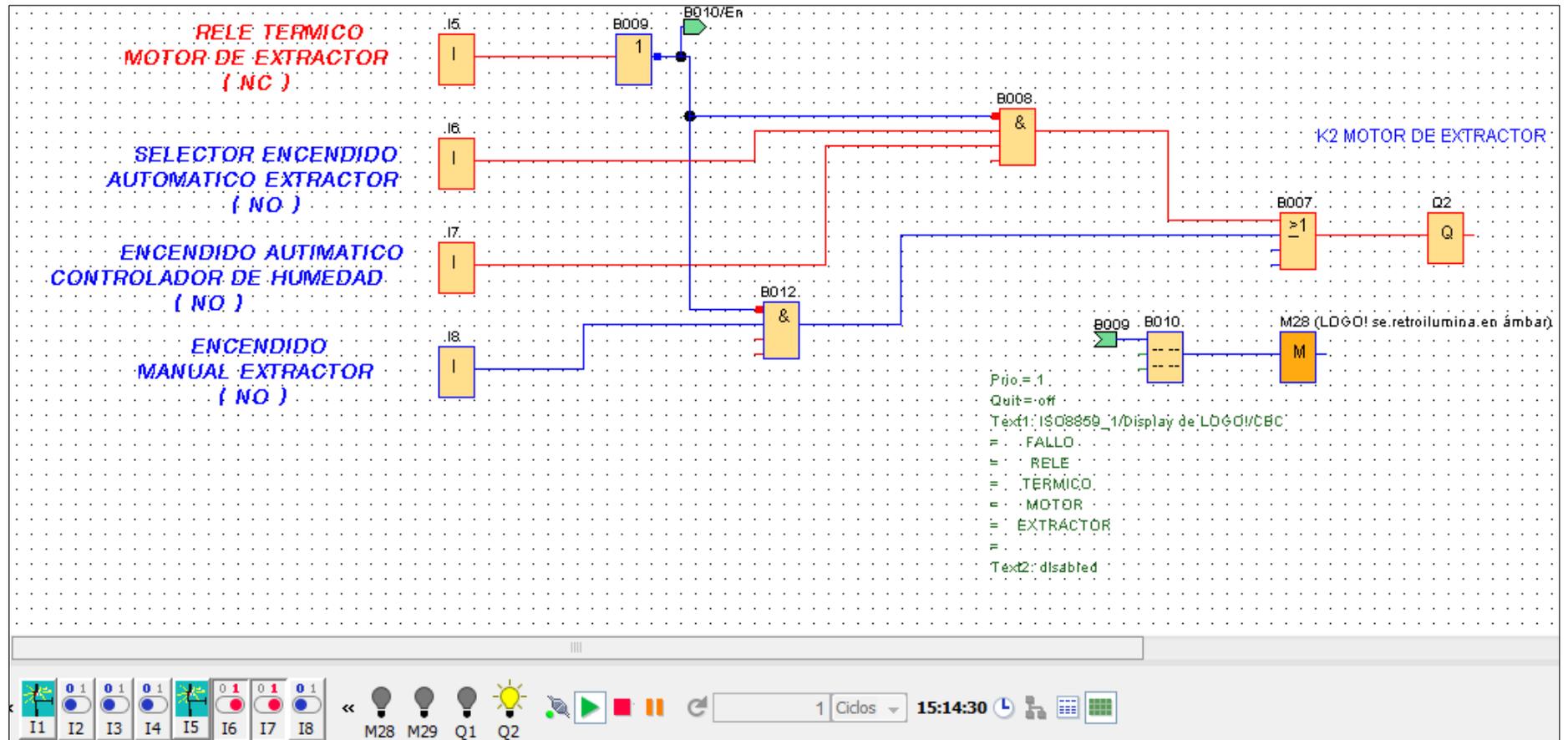
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 11: Simulación fallo del quemador.



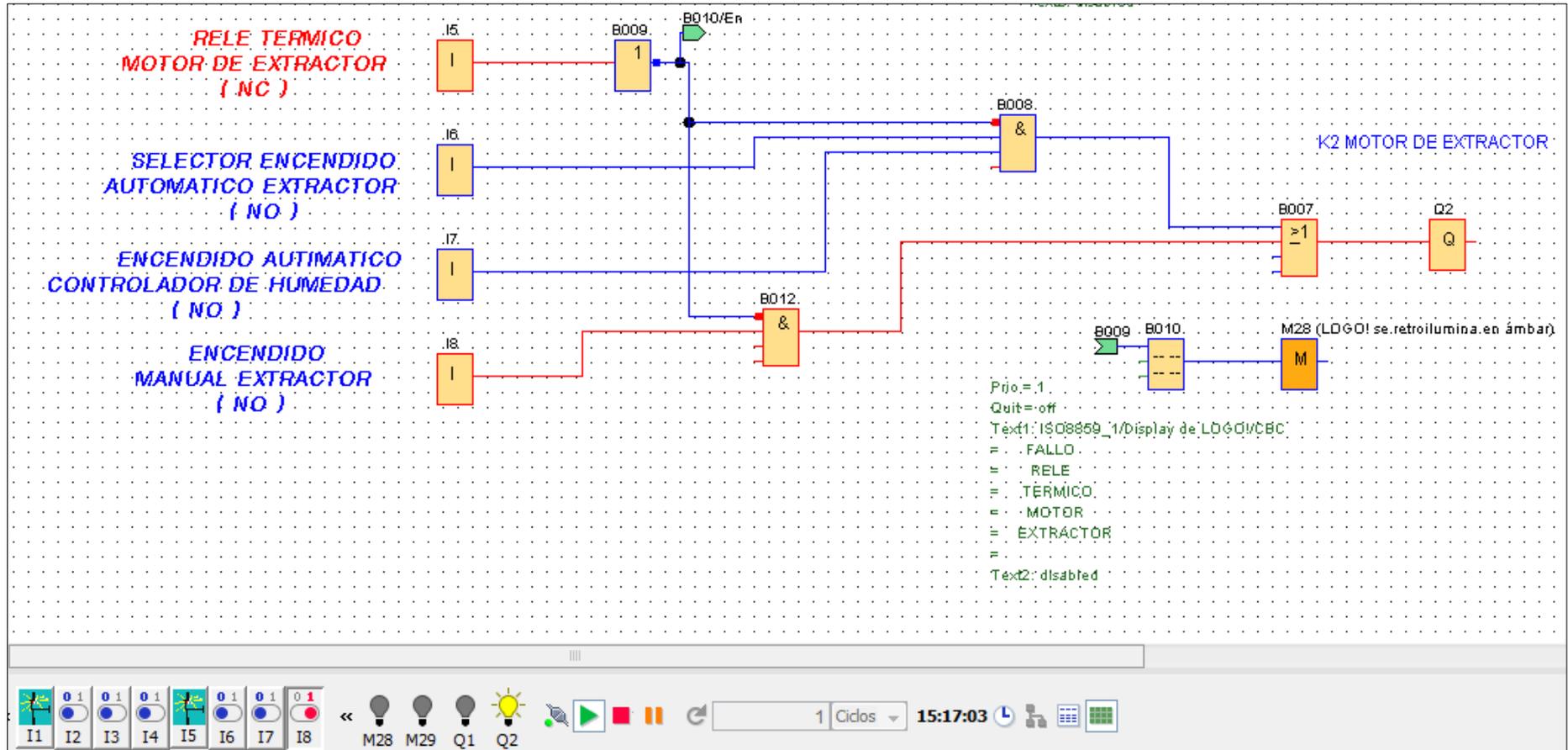
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 12: Simulación automática del extractor.



Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

Anexo 13: Simulación manual del extractor.



Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Anexo 15:** Evidencias Fotográficas.

**Visita al centro de acopio “ASOPROCANAM”.**



**Fotografía 8:** Visita In Situ al invernadero.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 9:** Inspección visual del área.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 10:** Charla con los productores.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

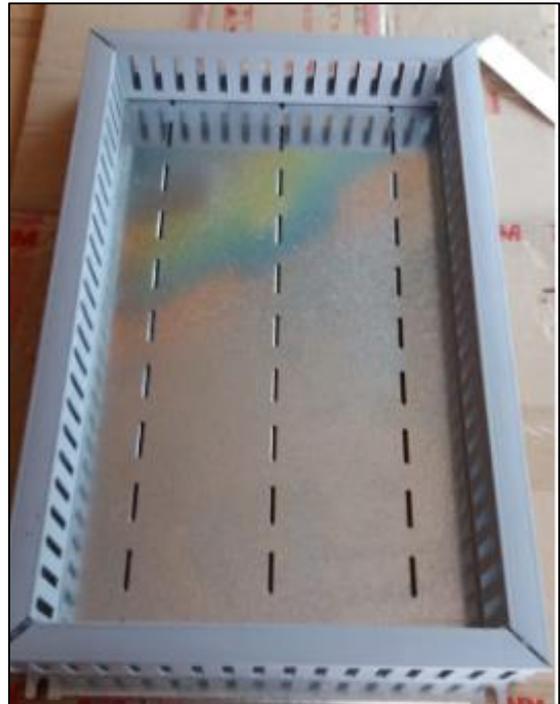


**Fotografía 11:** Medición de variables.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

## Construcción del tablero de control.



**Fotografía 12:** Caja de control para carga pesada.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 13:** Colocación de canaleta ranurada gris.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 14:** Montaje de riel DIN.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 15:** Montaje de dispositivos eléctricos y electrónicos.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

### Construcción del tablero de control.



**Fotografía 16:** Cableado de la caja de control.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 17:** Perforación de caja.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 18:** Implementación de luces piloto y selector de tres posiciones.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 19:** Marquillado de caja de control.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

### Instalación del sistema de control.



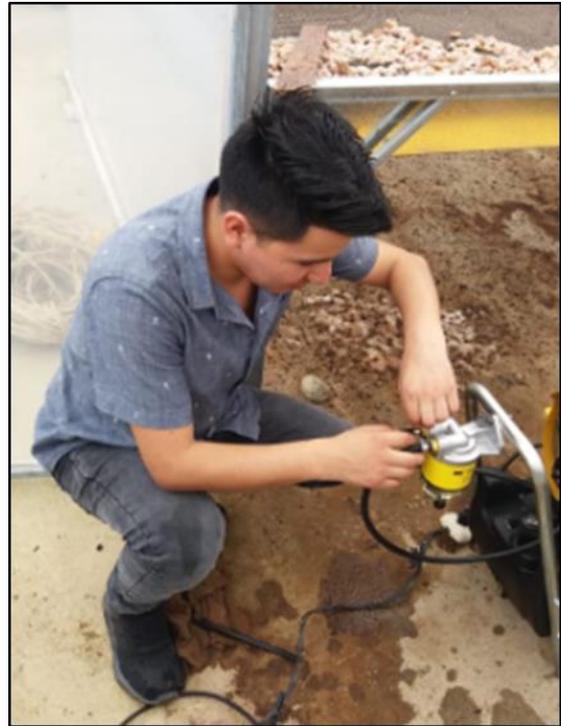
**Fotografía 20:** Instalación de caja de control.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 21:** Ajuste de actuadores.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 22:** Instalación de generador de aire.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 23:** Instalación de filtro de combustible.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

## Conexión de controlador.



**Fotografía 24:** Cableado de controlador MT-530E.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 25:** Conexión de sensor de temperatura y humedad.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 26:** Instalación de controlador MT-530E.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 27:** Fijación de set point.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

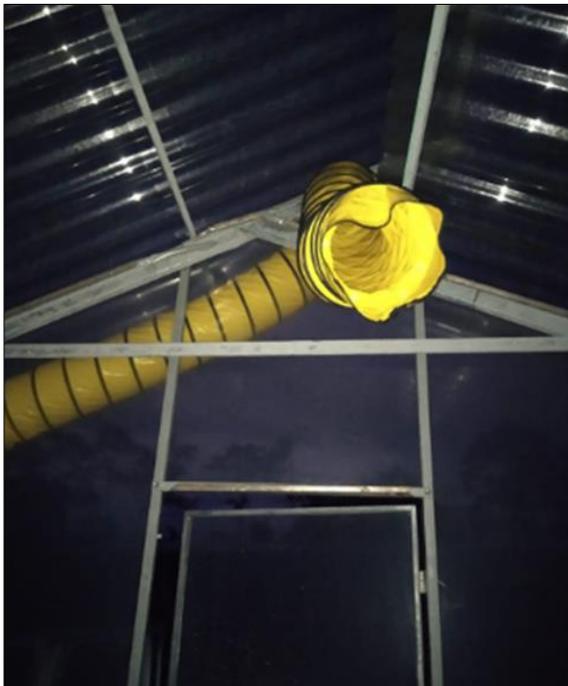
### Conexión de línea a tierra y alimentación del sistema de control.



**Fotografía 28:** Puesta a tierra del sistema de control.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 29:** Alimentación para actuador.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 30:** Distribución de aire caliente mediante manga térmica.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 31:** Conexión a línea de 220V.  
**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.

### Funcionamiento de la caja del sistema de control.



**Fotografía 32:** Funcionamiento del sistema forma manual.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 33:** Funcionamiento del sistema forma automática.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.

### Prueba de humedad del grano de cacao seco utilizando un medidor de humedad de granos.



**Fotografía 34:** Medida de prueba 1 de humedad del grano seco.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 35:** Medida de prueba 2 de humedad del grano seco.  
Fuente: Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 36:** Medida de prueba 3 de humedad del grano seco.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 37:** Medida de prueba 4 de humedad del grano seco.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.



**Fotografía 38:** Medida de prueba 5 de humedad del grano seco.

**Fuente:** Cuasquer C., Villegas J.