



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**  
**INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

**Autores:**

Alvarez Amores Stalin Fabián

Guano Rengifo Luigi Ricardo

**Tutores:**

Ing. Torres Tamayo Enrique; Ph.D.

Ing. Gallardo Molina Cristian; Ms.C.

**Latacunga – Ecuador**

**Julio 2019**



## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Nosotros **Alvarez Amores Stalin Fabián**, con cédula de ciudadanía N° **180521045-5** y **Guano Rengifo Luigi Ricardo**, con cédula de ciudadanía N° **050389378-6** estudiantes de la carrera de **Ingeniería Electromecánica** declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, siendo el **Ing. Enrique Torres Tamayo Ph.D.** e **Ing. Cristian Gallardo Molina Ms.C.**, tutores 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.

.....  
**Alvarez Amores Stalin Fabián**

**C.I 180521045-5**

.....  
**Guano Rengifo Luigi Ricardo**

**C.I 050389378-6**



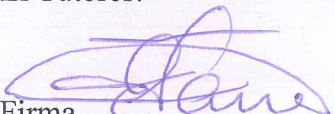
## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de **Alvarez Amores Stalin Fabián** y **Guano Rengifo Luigi Ricardo**, de la carrera de INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA, consideramos que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2019

El Tutores:

  
Firma.....

Ing. Torres Tamayo Enrique; Ph.D.

  
Firma.....  
Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina; Ms.C.



## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **Facultad de Ciencias De La Ingeniería y Aplicadas**; por cuanto, los postulantes **Alvarez Amores Stalin Fabián**, con cédula de ciudadanía N° **180521045-5** y **Guano Rengifo Luigi Ricardo**, con cédula de ciudadanía N° **050389378-6** con el título de Proyecto de titulación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, Julio 2019

Para constancia firman:

Lector 1 ( Presidente )

Ing. PhD. Héctor Luis Laurencio Alfonso

175836725-2

Lector 2

Ing. Luis Rolando Cruz Panchi. Ms.C

050259517-6

Lector 3

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas Ms.C

050234776-8

## AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En mi calidad de Decana de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en legal y debida forma CERTIFICO: Que los señores Álvarez Amores Stalin Fabián y Guano Rengifo Luigi Ricardo, Estudiantes de la carrera de Ingeniera Electromecánica, realizaron la propuesta tecnológica sobre el tema:

**"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI"**

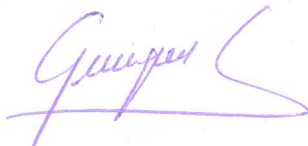
Una vez verificado el trabajo, considero que dicha propuesta tecnológica cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científicos técnicos, por lo que la maquina es receptada en Granos Andinos, para desarrollar actividades académicas.

Este aval lo otorgo, en razón del tiempo que han trabajado los estudiantes en el desarrollo de su proyecto de investigación, por lo tanto pueden dar el presente documento el uso que estime conveniente.

Latacunga julio 10, 2019

Atentamente,

**"POR LA VINCULACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CON EL PUEBLO"**



Ing. Mg. Giovana Paulina Parra Gallardo  
Decana de la Facultad de CAREN



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

Decanato de la Facultad de CAREN

GPPG  
Lili P.

## **AGRADECIMIENTO**

*En primer lugar, a Dios por haberme dado la vida y la sabiduría para poder llegar a este momento tan importante de mi vida y poderme formar como profesional.*

*A mis padres, esposa y mi hijo por ser mi apoyo y depositarme su confianza, durante todo el tiempo transcurrido para la obtención de este logro tan importante en mi vida.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas y conocer docentes de calidad y con experiencia los cuales me impartieron los conocimientos necesarios para desenvolverme en mi vida profesional.*

*Al Ing.Ph.D. Enrique Torres y al Ing.Ms.C. Cristian Gallardo, en calidad de tutores, los cuales supieron impartir sus conocimientos técnicos e investigativos para culminar con éxito este trabajo.*

*Al Ing. Marcelo Cadena por abrirme las puertas de su empresa ERSOL ECUADOR, y permitirme adquirir la experiencia necesaria para la realización de ésta propuesta tecnológica.*

**Stalin**

## **AGRADECIMIENTO**

*¡La gratitud se da cuando la memoria se almacena en el corazón y no en la mente! (Lionel Hampton).*

*Dios te agradezco por este logro alcanzado, por darme vida, fuerza y perseverancia para llegar a culminar mi carrera.*

*A mis padres, abuelitos, tíos, primos, hermana y amigos, por el apoyo brindado durante toda esta hermosa etapa, por sus palabras de aliento su guía y consuelo en los momentos difíciles.*

*A mi alma mater mi amada Universidad Técnica de Cotopaxi, por acogerme en sus aulas, a mis docentes que con su dedicación me prepararon para ser un profesional lleno de valores.*

*A mis tutores Ing. PhD Enrique Torres e Ing. Ms.C. Cristian Gallardo, quienes con su guía y conocimiento hicieron posible el desarrollo exitoso de este trabajo, a Stalin mi compañero de tesis por la dedicación puesta para sacar adelante nuestro proyecto.*

*Al Ing. Marco Rivera encargado del proyecto de granos andinos de la facultad CAREN, por su colaboración para el desarrollo del trabajo, a la Srta. Alejandra Ávila, por toda la ayuda prestada durante el proceso de experimentación y a todas las personas que de una u otra forma hicieron posible este proyecto.*

**Luigi**

## **DEDICATORIA**

*Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, por haberme prestado la vida y acompañarme espiritualmente en mis momentos de derrota y bendecirme en mis victorias.*

*De igual manera y con toda la gratitud del mundo a mis padres Fabián y Cecilia, por todo su apoyo y amor incondicional, estar conmigo con un consejo cuando más lo necesité y principalmente darme su bendición a pesar de la distancia a la que me encuentre.*

*¡Gracias padres míos, este logro es por ustedes y se lo dedico a ustedes¡*

*A mi esposa Alexandra, la mujer que Dios puso en mi vida, para ser mi fortaleza y estar conmigo en todo momento, además de brindarme todo su apoyo y paciencia en el proceso de la obtención de mi título profesional.*

*A mi hijo Gabriel por ser mi principal inspiración para salir adelante en momentos cuando pensaba en desistir, además de que, a pesar de su corta edad, supo comprender con amor mis ausencias debidas al proceso de la obtención de éste logro.*

*A mis hermanas Monserrath, Teresa y mi sobrino Marquito, que lo considero como mi hermano, por compartir conmigo tantos buenos y malos momentos.*

**Stalin**



## **DEDICATORIA**

*A Dios dedico este trabajo por bendecir mi camino, guiarme para que pudiera culminar mis estudios, brindar salud a mí familia y por darme unos padres maravillosos.*

*Con todo mi amor, respeto y mucha admiración quiero dedicar este logro a mis padres Luige y Julia que, con su dedicación, sacrificio y trabajo, hicieron todo lo posible al apoyarme en este largo camino, siempre serán mi fuerza y mi inspiración para seguir adelante. ¡Dios los bendiga y cuide siempre!*

*Mi abuelita mami Rosita mi abuelito Gilberto a quienes considero mis segundos padres, a mi abuelito Cesar que desde donde esté siempre lo llevo presente y a mi abuelita mami Julia por su cariño.*

*A mi tío Peter y su esposa María que, con sus consejos, su amistad y apoyo se merecen mi gratitud y estima, a toda mi familia que siempre ha estado pendiente de mí.*

*A mi hermana Jessica, por todos los buenos y malos momentos que hemos tenido, para que cumpla todas sus metas y de igual manera culmine su carrera y para que sepa que siempre contara con todo mi apoyo.*

**Luigi**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DE TITULACIÓN.....	iii
APROVACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1 INFORMACIÓN BÁSICA.....	1
2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1 Título de la propuesta tecnológica.....	2
2.2 Tipo de alcance.....	2
2.3 Área del conocimiento.....	2
2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica.....	2
2.5 Objeto de estudio y campo de acción.....	3
2.5.1 Objeto de estudio.....	3
2.5.2 Campo de acción.....	3
2.6 Situación problemática y problema.....	3
2.6.1 Situación problemática.....	3
2.6.2 Problema.....	3
2.7 Matriz causa – efecto.....	3
2.8 Hipótesis o formulación de pregunta científica.....	4

2.9	Objetivos.....	4
2.9.1	Objetivo general.....	4
2.9.2	Objetivos específicos.....	4
2.10	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	5
3	MARCO TEÓRICO.....	6
3.1	Introducción.....	6
3.2	Fundamentación teórica relacionada con el secado de granos e información sobre la Quinoa y el Amaranto.....	7
3.3	Técnicas utilizadas para el secado solar en la industria.....	8
3.4	Tecnologías en los sistemas de secado de granos.....	11
3.5	Tipos de secadores solares.....	12
3.5.1	Secador solar tipo domo.....	12
3.5.2	Secador tipo estantería.....	13
3.5.3	Secador tipo gabinete.....	13
3.5.4	Secador tipo cabina.....	13
3.5.5	Secador tipo Silo-cama.....	14
3.5.6	Secador tipo chimenea.....	14
3.6	Tipo de secador escogido para la implementación.....	15
3.7	Cámara de secado.....	18
3.8	Características del colector solar seleccionado.....	18
4	METODOLOGÍA.....	20
4.1	Procedimiento para el diseño de la cámara de secado.....	20
4.2	Características de la cámara de secado.....	22
4.3	Diseño del colector solar.....	27
4.3.1	Características climatológicas de Latacunga.....	27
4.3.2	Cálculo para el dimensionamiento del colector.....	30
4.3.3	Materiales utilizados para la construcción de colectores solares.....	34
4.3.4	Dimensiones de los granos y selección del tamiz para el secado.....	35

4.3.5	Criterios para diseño de equipos de secado solar.....	36
4.3.6	Cálculo para la resistencia eléctrica auxiliar.....	37
4.4	Dimensionamiento de componentes del tablero de control.....	37
4.5	Selección de instrumentos de medición para el levantamiento de datos .....	40
5	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	40
5.1	Resultados obtenidos para el diseño de la cámara de secado .....	40
5.2	Resultados relacionados con las características de la cámara de secado.....	41
5.3	Resultados relacionados con los cálculos termodinámicos .....	42
5.4	Diseño del colector solar .....	43
5.5	Ángulo de inclinación del colector solar .....	45
5.6	Resistencia eléctrica auxiliar .....	45
5.7	Generador de aire.....	46
5.8	Programación del controlador de temperatura REX C-700.....	46
5.9	Dimensionamiento de los conductores eléctricos.....	46
5.10	Dimensionamiento de termomagnéticos.....	47
5.11	Selección de la Termocupla.....	47
5.12	Análisis de resultados obtenidos en el secado de Quinoa.....	47
5.13	Resultados obtenidos en el secado del Amaranto.....	49
5.14	Comparación entre el secado natural y secado con la máquina implementada.....	52
6	ANÁLISIS ECONÓMICO .....	53
6.1	Costo Directo .....	53
6.2	Costos Indirectos .....	56
6.3	Costos Fungibles.....	57
6.4	Imprevistos .....	57
6.5	Costo total del proyecto .....	58
6.6	Flujo de caja anual .....	59
6.7	Análisis de Impactos.....	60

7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
7.1	Conclusiones.....	61
7.2	Recomendaciones .....	62
8	BIBLIOGRAFÍA.....	63
9	ANEXOS.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 2. 1.</b> Matriz causa - efecto .....	4
<b>Figura 3. 1.</b> Secado por tambores .....	9
<b>Figura 3. 2.</b> Secado natural .....	10
<b>Figura 3. 3.</b> Secado en patios.....	11
<b>Figura 3. 4.</b> Secador tipo estanterías.....	13
<b>Figura 3. 5.</b> Secador tipo gabinete .....	13
<b>Figura 3. 6.</b> Secador indirecto o mixto de cabina .....	14
<b>Figura 3. 7.</b> Secador indirecto de silo o cama .....	14
<b>Figura 3. 8.</b> Secador tipo chimenea .....	15
<b>Figura 3. 9.</b> Camara de secado.....	18
<b>Figura 3. 10.</b> Colector solar.....	19
<b>Figura 4. 1.</b> Radiación solar en Latacunga .....	28
<b>Figura 4. 2.</b> Temperatura de la ciudad de Latacunga .....	29
<b>Figura 4. 3.</b> Nubosidad en Latacunga .....	30
<b>Figura 5. 1.</b> Peso vs Tiempo .....	48
<b>Figura 5. 2.</b> Contenido de Humedad vs Tiempo.....	49
<b>Figura 5. 3.</b> Grafica de Peso vs Tiempo .....	50
<b>Figura 5. 4.</b> Humedad vs Tiempo .....	51
<b>Figura 5. 5.</b> Comparación de secado en la Quinua .....	52
<b>Figura 5. 6.</b> Comparación de secado en el Amaranto .....	52

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 3. 1.</b> Características de los diferentes secadores solares.....	16
<b>Tabla 4. 1.</b> Contenidos de humedad inicial y final idóneos para Quinoa y Amaranto .....	20
<b>Tabla 4. 2.</b> Nivel de radiación por día en Latacunga .....	28
<b>Tabla 4. 3.</b> Medidas de tamiz según norma INEN 1515.....	36
<b>Tabla 4. 4.</b> Capacidad de protección en función del calibre del conductor .....	38
<b>Tabla 4. 5.</b> Tipos de termocuplas.....	39
<b>Tabla 5. 1.</b> Resultados para el peso del sólido seco, contenido de humedad final en el grano, humedad retirada en el post- secado y velocidad de secado.....	40
<b>Tabla 5. 2.</b> Resultados para el área de la cámara de secado, masa por bandeja, superficie de secado y separación entre bandejas.....	41
<b>Tabla 5. 3.</b> Resultados para el calor necesario para secado, potencia necesaria, pérdidas de calor en la cámara, y calor total.....	42
<b>Tabla 5. 4.</b> Resultados para el calor útil del colector, área, volumen de aire, masa de aire, calor de pérdidas, coeficiente de pérdidas, valores de resistencias, resistencia total, calor de pérdidas y calor total.....	44
<b>Tabla 5. 5.</b> Características de la resistencia eléctrica auxiliar .....	45
<b>Tabla 5. 6.</b> Características del generador de aire .....	46
<b>Tabla 5. 7.</b> Calibres de conductor .....	47
<b>Tabla 5. 8.</b> Valores de los termomagnéticos.....	47
<b>Tabla 6. 1.</b> Elementos Mecánicos. ....	53
<b>Tabla 6. 2.</b> Elementos Eléctricos y Electrónicos. ....	55
<b>Tabla 6. 3.</b> Costos totales de los materiales empleados en la construcción del secador solar.	56
<b>Tabla 6. 4.</b> Costos de mano de obra Directa .....	56
<b>Tabla 6. 5.</b> Costo de materiales y accesorios indirectos utilizados en la valoración del proyecto. ....	57
<b>Tabla 6. 6.</b> Costo de materiales fungibles.....	57
<b>Tabla 6. 7.</b> Costos de Imprevistos.....	58
<b>Tabla 6. 8.</b> Costo Total del Proyecto .....	58
<b>Tabla 6. 9.</b> Flujo de caja anual.....	59

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

**Autores:**

Alvarez Amores Stalin Fabián  
Guano Rengifo Luigi Ricardo

## RESUMEN

El presente proyecto de titulación tuvo como objetivo diseñar, construir e implementar un colector secador solar de Quinua y Amaranto y de esta manera mejorar el proceso de secado y la calidad al almacenamiento de dichos productos, para posteriormente ser sembrados o experimentados en el laboratorio de Granos Andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi en su campus Salache. En el diseño del secador se realizó una investigación previa para determinar los parámetros idóneos, adaptados a la condición de trabajo y cantidad del material a secar. En primer plano se detalla el marco teórico, en donde se investigó las tecnologías de secado solar, así como también los tipos de secadores. En segunda instancia se observa la metodología para el diseño, donde se tomó en consideración las fórmulas más elementales para el diseño del secador solar, por medio del análisis de las normas correspondientes a la construcción de estos sistemas, con lo cual se determinó que una cámara de secado posee características similares a las de un horno, en tal sentido se optó en adquirir un horno de cuatro bandejas, en las cuales abarca 1kg por cada bandeja, por lo que el diseño de las bandejas, solo fue similar en cuanto a medidas, con la variante de que se adquirió un malla de 60 micras para que circule libremente el flujo de aire caliente por el grano. Por requerimiento del beneficiario se hizo necesario implementar un sistema eléctrico auxiliar, el cual garantice un flujo continuo de calor, mismo que funciona con un controlador de temperatura con el cual cuando las condiciones climáticas del sitio no sean favorables el proceso de secado continuara por medio del sistema mencionado. Posteriormente realizadas las pruebas se observó que cumplía con las necesidades solicitadas ya que las muestras de 500g de Quinua y 200g de Amaranto fueron secadas en un promedio de 4 horas, hasta llegar a sus estándares de 9% y 11% respectivamente, estos estándares se determinaron por medio del uso de una balanza de precisión y de un medidor de humedad, tomando datos en lapsos de media hora, por lo que se cumplió con las expectativas esperadas.

**Palabras clave:** Flujo de aire, secador solar, parámetros idóneos, estándares.



# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

## FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**THEME:** “DESIGN AND CONSTRUCTION OF A SOLAR DRYER COLLECTOR FOR QUINOA AND AMARANTH APPLIED TO THE ANDEAN GRAINS PROJECT IN THE CAREN FACULTY OF THE COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY”

### **Authors:**

Alvarez Amores Stalin Fabián  
Guano Rengifo Luigi Ricardo

### **ABSTRACT**

The objective of the present project was to design, build and implement a Quinoa and Amaranth solar dryer collector and thus improve the drying process and storage quality of these products, to be subsequently planted or experienced in the Andean grains laboratory from the Technical University of Cotopaxi in its Salache campus. In the design of the dryer, a previous investigation was carried out to determine the ideal parameters, adapted to the working condition and quantity of the material to be dried. In the foreground, the theoretical framework is detailed, where solar drying technologies were investigated, as well as the types of dryers. In the second instance the methodology for the design is observed, where the most basic formulas for the design the solar dryer were taken into consideration, by means of the analysis the norms corresponding to the construction of this system, with which it was determined that a drying chamber has similar characteristics to those of an oven, in this sense it was decided to acquire a four-tray oven, which covers 1kg per tray, so the design the trays, was only similar in terms of measurements, with the variant that a 60 micron mesh was acquired so the flow of hot air through the grain circulates freely. At the request of the beneficiary it was necessary to implement an auxiliary electrical system, which guarantees a continuous flow of heat, which works with a temperature controller when the climatic conditions of the site are not favorable. The drying process will continue through the mentioned system. After the tests were performed, it was observed that it fulfilled the requested needs since the samples of 500g of Quinoa and 200g of Amaranth were dried in an average of 4 hours, until reaching its standards of 9% and 11% respectively, these standards were determined through the use of a precision balance and a humidity meter, taking data in half an hour, so that the expected expectations were met.

**Keywords:** air flow, solar dryer, ideal parameters, standards.



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

## *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 de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores **ALVAREZ AMORES STALIN FABIAN** y **GUANO RENGIFO LUIGI RICARDO**, egresados de la Carrera de **INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**, cuyo título versa “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN COLECTOR SECADOR SOLAR PARA QUINUA Y AMARANTO APLICADO AL PROYECTO DE GRANOS ANDINOS EN LA FACULTAD CAREN EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, 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 a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio del 2019

Atentamente,

.....  
**Lic. María Fernanda Aguaiza**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 050345849-9**



CENTRO  
DE IDIOMAS

## **1 INFORMACIÓN BÁSICA**

### **Propuesto por:**

Alvarez Amores Stalin Fabián

Guano Rengifo Luigi Ricardo

### **Tema aprobado:**

“Diseño y construcción de un colector secador solar para quinua y amaranto aplicado al proyecto de granos andinos en la facultad CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi”

### **Carrera:**

Ingeniería Electromecánica

### **Directores de la propuesta tecnológica:**

Ing. Torres Tamayo Enrique Ph. D,

Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián Ms.C

### **Equipo de trabajo:**

Alvarez Amores Stalin Fabián

Guano Rengifo Luigi Ricardo

Ing. Torres Tamayo Enrique Ph. D

Ing. Gallardo Molina Cristian Fabián Ms.C

Ing. Rivera Moreno Marco. Ms.C.

### **Lugar de ejecución:**

Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro, Sector Salache Bajo.

### **Lugar de implementación:**

Campus Salache, Facultad CAREN, de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **Tiempo de duración de la propuesta:**

18 meses

### **Fecha de entrega:**

Julio de 2019

### **Línea de investigación:**

Procesos Industriales.

### **Sub líneas de investigación de las carreras:**

Eficiencia energética en sistemas electromecánicos y uso de fuentes renovables de energía.

**Tipo de propuesta tecnológica:**

El proyecto tiene como fin el diseño y construcción de un colector secador solar para Quinua y Amaranto, el cual permita reducir el tiempo de secado, para su posterior almacenamiento y siembra.

**2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA****2.1 Título de la propuesta tecnológica**

“Diseño y construcción de un colector secador solar para quinua y amaranto aplicado al proyecto de granos andinos en la facultad CAREN de la Universidad Técnica de Cotopaxi”.

**2.2 Tipo de alcance**

**Productivo:** Esta propuesta se basa en la necesidad del proyecto de granos andinos de optimizar el tiempo de secado de Quinua y Amaranto, para posterior siembra.

**Desarrollo:** Al optimizar el secado de Quinua y Amaranto, se reducirá el tiempo para su posterior sembrado y experimentación, lo que mejorará el aspecto, tanto económico, como investigativo del proyecto de granos andinos en el campus Salache.

**2.3 Área del conocimiento**

Ingeniería, industria y construcción

**Industria y producción:** Alimentación y bebidas, textiles, confección, calzado, cuero, materiales (madera, papel, plástico, vidrio, etc.), minería e industrias extractivas.

**2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica**

Con la elaboración de un colector secador de Quinua y Amaranto se pretende optimizar y agilizar el proceso de producción en estos productos agrícolas, ya que al secar rápidamente la semilla más rápido podrá entrar en producción de sembrado y posteriormente cosecha, reduciendo así el tiempo que tardan estos dos tipos de granos en salir al mercado; además con dicha propuesta tecnológica pretendemos utilizar al máximo una fuente de energía renovable tan eficiente como es la energía solar, por lo que no genera daños en el medio ambiente; es así que con la implementación de este sistema resolvemos el problema de secado al aire libre en patios de secado como lo realizaban anteriormente, beneficiando de esta manera al sector campesino de la provincia de Cotopaxi y al proyecto de granos andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Secado de Quinua y Amaranto para su posterior siembra.

### **2.5.2 Campo de acción**

Uso de la energía solar como instrumento de secado de Quinua y Amaranto.

## **2.6 Situación problemática y problema**

### **2.6.1 Situación problemática**

El proyecto de granos andinos de la Universidad Técnica de Cotopaxi trabaja con la investigación, sembrado y cosecha de diferentes granos cultivados en la sierra ecuatoriana, entre ellos la Quinua y Amaranto, pero no poseen el equipo tecnológico suficiente para su proceso de secado, el cual se lo hacía de manera tradicional exponiendo los granos al sol para que puedan ser secados, es por esto que mediante el aprovechamiento de la energía solar se implementara un secador de estos dos tipos de grano, el cual trabaje utilizando la radiación solar y en caso de no cumplir con las expectativas de secado, este será apoyado por un calefactor eléctrico, que servirá para mantener el flujo continuo de calor en el interior de la cámara de secado .

### **2.6.2 Problema**

El tiempo elevado que tardan en secar la Quinua y Amaranto para su utilización en el proceso de siembra, consumo, experimentación.

## **2.7 Matriz causa – efecto**

Estas Matrices consisten en una tabla de doble entrada, en la cual en la primera columna se indica las causas o acciones de la propuesta y en cada una de las otras columnas se indica los factores ya sean estos: ambientales, económicos, sociales, etc., que pueden ser afectados por la acción respectiva.

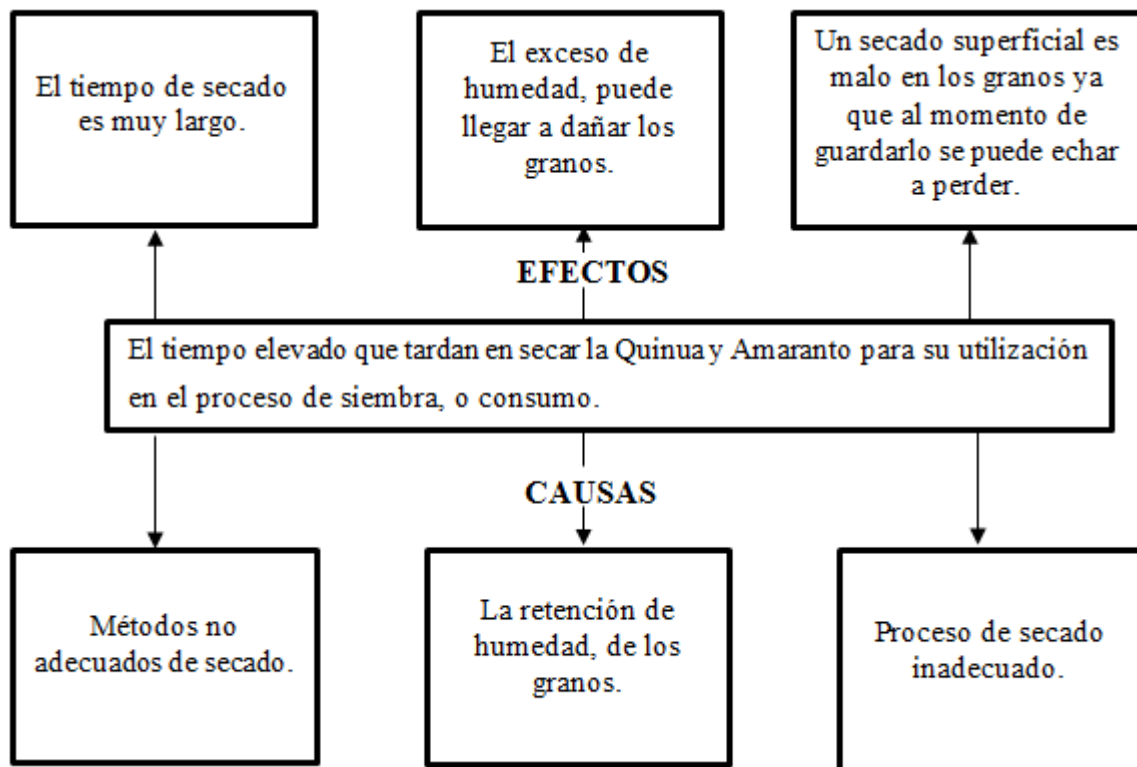


Figura 2. 1. Matriz causa - efecto

## 2.8 Hipótesis o formulación de pregunta científica

La implementación de un secador colector solar para Quinua y Amaranto ayudará a reducir el tiempo de secado de este tipo de granos, disminuyendo así el periodo necesario para su posterior almacenamiento y siembra.

## 2.9 Objetivos

### 2.9.1 Objetivo general

Implementar un secador de Quinua y Amaranto, por medio de un colector solar para reducir su tiempo de secado.

### 2.9.2 Objetivos específicos

- Determinar las propiedades de Quinua y Amaranto, tales como: tamaño, tiempo de secado y contenido humedad para el proceso de secado.
- Seleccionar la cámara de secado para Quinua y Amaranto considerando las propiedades físicas de los mismos.
- Diseñar un colector secador solar para Quinua y Amaranto, el cual funcione con las condiciones climáticas del campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

- Establecer los instrumentos adecuados que ayuden a controlar el funcionamiento de la máquina.

## 2.10 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

La presente propuesta busca el diseño e implementación de un prototipo de secador solar para Quinua y Amaranto, que incida en la rapidez de secado de este tipo de granos para su utilización. El proceso de implementación de la propuesta de nuestro equipo de trabajo consiste en las siguientes tareas por objetivos:

Objetivo específico	Tareas por objetivo	Actividades
Determinar las propiedades de Quinua y Amaranto, tales como: tamaño, tiempo de secado y contenido de humedad para el proceso de secado.	Obtención de información en el proyecto de Granos Andinos acerca de estos dos productos.	Visita técnica
	Experimentación con Quinua y Amaranto, para conocer sus porcentajes de humedad antes y después del secado.	Experimentación
	Determinación del tiempo que tardan la Quinua y el Amaranto en secarse.	Experimentación
Seleccionar la cámara de secado para Quinua y Amaranto considerando las propiedades físicas de los mismos.	Determinación de la cantidad de producto a secar.	Experimentación
	Consideración de la cantidad de calor necesario acorde a las dimensiones de la cámara.	Cálculo
Diseñar un colector secador solar para Quinua y Amaranto, el cual funcione con las condiciones climáticas del campus Salache de la	Levantamiento de datos acerca de la radiación solar en el Campus Salache por medio de un pirómetro.	Determinación de la radiación solar
	Determinación de los	Investigar los tipos de

Universidad Técnica de Cotopaxi.	materiales más idóneos para la construcción del equipo.	materiales normados en los que se construyen los deshidratadores solares.
	Selección del tipo de colector solar más eficiente para implementarlo en el secador de Quinoa y Amaranto.	Realizar pruebas de campo con un colector convencional de placa plana y un colector de tubos al vacío.
	Elaboración de un modelo de colector secador solar de Quinoa y Amaranto el cual sea fácil de transportar.	Diseñar un equipo que sea desarmable por partes.
Establecer los instrumentos adecuados que ayuden a controlar el funcionamiento de la máquina.	Selección en catálogos de los equipos e instrumentos necesarios para control de temperatura.	Buscar en catálogos de fabricantes.

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Introducción

En el presente capítulo se analizará diferentes fuentes de información, así como trabajos relacionados con nuestro tema los cuales servirán de gran ayuda para la construcción del secador de granos solar, ya que como se sabe el secado solar de granos es una de las aplicaciones más importantes de la energía solar, solo se requiere calor a bajos niveles de temperatura, donde la eficiencia de los colectores es mayor, y además, no es indispensable la acumulación de energía, se realizará el estudio de los diferentes tipos de secadores solares para granos tomando en cuenta varios aspectos principales como: eficiencia, tiempo de duración de secado, capacidad de almacenamiento para el secado, entre otras. Dando como resultado el secador óptimo para el diseño.



El proyecto de granos andinos busca fortalecer la soberanía alimentaria de comunidades de la provincia de Cotopaxi a través del mejoramiento de la producción, conservación de germoplasma local y promover el consumo de los granos andinos (chocho, quinua y amaranto). Además de “generar tecnologías locales y abiertas para impulsar la producción de granos andinos” [1], privilegiando la participación de los actores de la cadena buscando fortalecer el sistema artesanal de producción y distribución de semilla seleccionada de buena calidad de granos andinos en Cotopaxi.

### **3.2 Fundamentación teórica relacionada con el secado de granos e información sobre la Quinua y el Amaranto**

“La agroindustria, una actividad económica que comprende la producción, industrialización y comercialización de productos agrarios pecuarios, forestales y biológicos se divide en dos categorías, alimentaria y no alimentaria. La primera se encarga de la transformación de los productos de la agricultura, ganadería, riqueza forestal y pesca, en productos de elaboración para el consumo alimenticio, en esta transformación se incluye los procesos de selección de calidad, clasificación (por tamaño), embalaje-empaque y almacenamiento de la producción agrícola, a pesar que no haya transformación en sí y también los cambios posteriores de los productos y subproductos obtenidos de la primera transformación de la materia prima agrícola” [2].

“La rama no-alimentaria es la encargada de la parte de transformación de estos productos que sirven como materias primas, utilizando sus recursos naturales para realizar diferentes productos industriales” [2].

Dentro de los procesos agroindustriales en general destacamos dos:

- a) Procesos que no sufren transformación
- b) Procesos que sufren transformación Dentro del primer grupo encontramos principalmente operaciones, las cuales forman parte de la primera etapa del proceso como son, centros de acopio, almacenamiento, transporte, selección etc.

Mientras tanto los procesos en los cuales el producto sufre transformación, generalmente forman parte de una segunda etapa dentro del proceso de producto como son, conservación y elaboración. Dentro de la segunda etapa, nos detendremos en procesos de conservación utilizados en la industria como es el secado de granos. El secado es el proceso más antiguo

utilizado para la preservación de alimentos, siendo uno de los métodos más comunes de mayor importancia en todos los sectores para la producción de alimentos sólidos.

### **La Quinua**

La quinua (*Chenopodium quinoa*, Wild) “Tiene una extraordinaria adaptabilidad a diferentes pisos agroecológicos. Se adapta a climas desde el desértico hasta climas calurosos y secos, puede crecer con humedades relativas desde 40% hasta 88%, y soporta temperaturas desde -4°C hasta 38°C. Es una planta eficiente al uso de agua, es tolerante y resistente a la falta de humedad del suelo, y permite producciones aceptables con precipitaciones de 100 a 200 mm” [3].

Para el caso del Ecuador, se ha establecido que la quinua es la especie nativa mayormente distribuida en el callejón interandino y que los centros de variabilidad son los siguientes.

### **El Amaranto**

El amaranto es una planta de la familia de la Amarantácea, el nombre genérico *Amaranthus* significa de color amarillo y el epíteto *caudatus*, como en forma de cola.

“El interés por el grano de amaranto se ha incrementado en los últimos años debido a su alto valor nutricional y a algunas ventajas relativas a su cultivo tales como el alto rendimiento, la resistencia a las sequías y su corto tiempo de producción” [4].

Ha sido usado como elemento complementario de la alimentación de los campesinos de toda Meso América. En las últimas décadas el cultivo del amaranto se ha difundido de manera exponencial en varios países del mundo, pero la mayor variación genética se encuentra en los Andes de (Ecuador, Perú, Bolivia, Argentina).

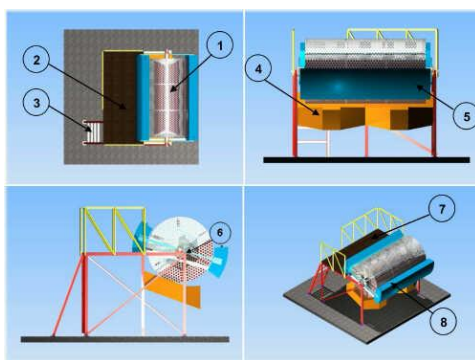
## **3.3 Técnicas utilizadas para el secado solar en la industria**

### **Liofilización o deshidratado por medio de congelación**

“La liofilización es un proceso donde la materia prima congelada es colocada dentro de un sistema de vacío refrigerado y, sin descongelar, es deshidratada. El hielo que rodea al producto se sublima y se convierte en vapor de agua. Durante el proceso de liofilización, la estructura celular permanece intacta” [5]. El producto secado por congelación mantiene también el color, la forma, el sabor y los valores nutricionales de la materia prima, mejor que otros métodos de secado.

### Secado por tambores o secado por rodillos

En el proceso de secado por rodillos o de tambor, la materia prima en forma de pasta o puré es secada al ser vaciada sobre dos rodillos calentados por vapor que se encuentran girando, originando hojas de producto que se adhieren a los rodillos como se observa en la figura 3.1 y que posteriormente son retiradas con una navaja. El producto resultante posteriormente es molido para producir ya sea hojuelas o polvo. Los ingredientes secados mediante éste proceso se reconstituyen de manera inmediata, reteniendo mucho de su sabor, color y valor nutricional original, pero a un precio económico.



**Figura 3. 1.** Secado por tambores

**Fuente:** [6]

### Secado en planta y en surcos

Poco después de su maduración fisiológica, los granos presentan, en general, un elevado contenido de humedad, lo que dificulta la cosecha y no permite el almacenamiento. Por tanto, el producto tiene que permanecer en el campo hasta que su contenido de humedad permita cosecharlo o llegue al grado ideal para almacenarlo.

“En la producción de arroz se persigue el máximo rendimiento de granos enteros en la operación de beneficio. Este rendimiento está vinculado a la variedad, el estado de maduración y el grado de humedad de la cosecha, los daños físicos producidos durante esta última, el manejo, transporte, tratamiento y almacenamiento de los granos. El punto de rendimiento máximo de granos enteros ocurre un poco antes del punto de producción máxima de materia seca. Lo dicho significa que cuanto más larga sea la permanencia del producto en el campo, para el secado natural en la planta, menor será el rendimiento de granos enteros. Se explica este hecho, por la mayor susceptibilidad del producto a partirse o agrietarse debido a

las variaciones de temperatura y de humedad relativa del aire, en el día y en la noche, cuando el contenido de humedad ha bajado” [7].

### Secado natural

Se entiende por secado natural aquél en que el movimiento del aire de secado se debe a la acción de los vientos, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar, como se evidencia en la figura 3.2.

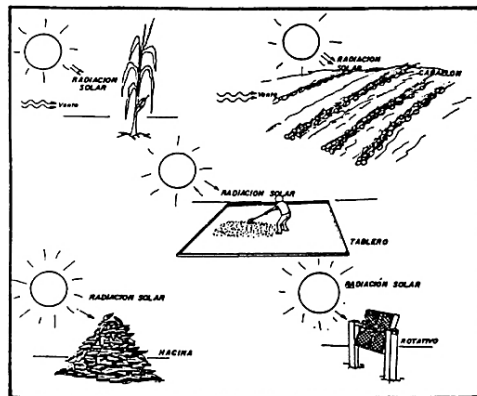
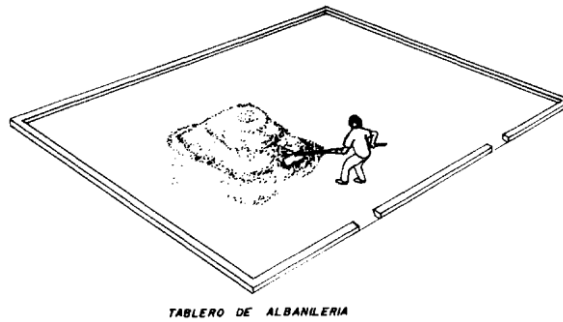


Figura 3. 2. Secado natural

Fuente: [8]

### Secado en patios

El piso de los patios debe tener una inclinación mínima de 1,5 por ciento para facilitar el deslizamiento de las aguas de lluvia vista en la figura 3.3. El secado en patios es un proceso natural, que consiste en esparcir el producto sobre un piso, en capas generalmente de menos de 10 centímetros de espesor. El secado se realiza por la acción del viento y la energía solar que incide sobre la superficie de los granos; por ello es necesario mezclar frecuentemente el producto para que el secado sea homogéneo. El uso de patios para el secado de granos está muy difundido, debido a la simplicidad de su construcción y operación, al bajo costo inicial y a su versatilidad, ya que pueden ser secados casi todos los tipos de granos.



**Figura 3. 3.** Secado en patios

**Fuente:** [8]

### **3.4 Tecnologías en los sistemas de secado de granos**

“La energía solar se presenta como alternativa de gran interés por sus cualidades y características de ser limpia, de gran potencial, altamente disponible en todo Brasil y sobre todo en la región Nordeste, donde se tiene sol casi todo año. El desarrollo de tecnología para el aprovechamiento de la energía solar, utilizando equipos que puedan transformar energía solar en calor es extremadamente importante en el momento actual. Se justifica también el uso de la energía solar por la escasez y gran poder contaminante de las fuentes de energía fósiles normalmente utilizadas” [9]. Dentro de los diferentes sistemas de secado de productos alimentarios, el secado solar tradicional es, todavía hoy, el procedimiento más utilizado en todo el mundo, sobre todo cuando se trata del secado de granos, frutos y semillas utilizando sistemas del tipo terreno de suelo apisonado y tablero.

“En un sistema de secado simple usando energía solar, el secador solar de radiación directa (utilizado en este trabajo) es un sistema de bajo costo, eficiente y bastante utilizado en el secado de alimentos” [10].

“Un sistema de secado-almacenamiento de granos exige una inversión considerable de dinero. En la adquisición o construcción de un sistema para el secado y almacenamiento de granos, a nivel rural, se debe considerar la capacitación y el entrenamiento del agricultor, con el fin de utilizar al máximo los beneficios que le pueden ofrecer las nuevas tecnologías” [11].

Con el fin de que las tecnologías y equipos de secado sean económicamente viables, deben estar de acuerdo con el nivel de la producción. Hay tecnologías y equipos que se adaptan a diferentes condiciones de la producción de granos, pero hay otros que han sido diseñados para condiciones muy específicas. En general, mientras mayor cantidad de productos se procesen, mejor tratamiento podrá recibir, ya que se podrá invertir más en los equipos y sistemas. En los

procesos de secado artificial, el secado se realiza con equipos en los que el movimiento del aire se efectúa por medio de ventiladores o sea por convección forzada. La falta de energía eléctrica para accionar los ventiladores es uno de los mayores obstáculos en la introducción de sistemas de secado-almacenamiento en el medio rural de los países en desarrollo.

Hay varios sistemas de secado-almacenamiento que se pueden construir con materiales simples, siguiendo las recomendaciones de construcción y manejo de la información moderna sobre procesamiento de granos. A continuación, se presentan algunas tecnologías para el secado de granos.

### **3.5 Tipos de secadores solares**

#### **3.5.1 Secador solar tipo domo**

La secadora solar tipo domo, es una estructura que transforma la energía que proviene del sol como vemos en la figura 3.4. El calor, que, junto con el movimiento del aire, es capaz de evaporar la humedad del grano del café. La cantidad de agua que se puede evaporar, dependerá de la temperatura que alcance el aire, por medio de la transformación de energía que hace la secadora solar y de la velocidad a la que circule el viento. Los dos elementos básicos de una secadora solar son:

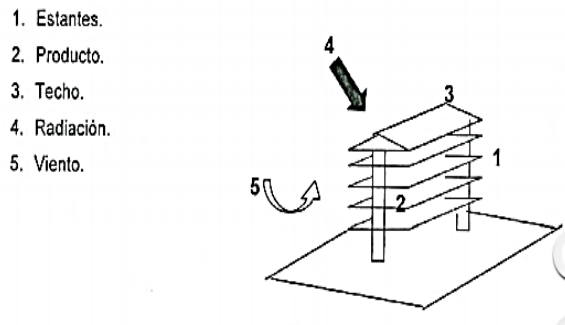
- a) El colector: donde la radiación solar calienta el aire.
- b) La cámara de secado: donde el producto es deshidratado por el aire que circula.

Estos dos elementos pueden diseñarse de diferentes formas, para integrarse a diferentes equipos de secadora solar. Considerando lo anterior, se pueden definir tres diferentes tipos de secadoras solares:

1. Secadora solar indirecta: Los dos elementos están separados. El aire es calentado en el colector y la radiación no incide sobre el producto colocado en la cámara de secado. La cámara de secado no permite la entrada de la radiación solar. Esta secadora es esencialmente de carácter convencional en la que el sol actúa de fuente energética.
2. Secadora solar directa: Los dos elementos pueden juntarse, en cuyo caso la cámara que contiene el producto, también cumple la función de colector recibiendo la radiación solar.
3. Secadora solar mixta: Finalmente puede darse el caso en que la colección de radiación se realice tanto en un colector solar previo a la cámara, como en la misma cámara.

### 3.5.2 Secador tipo estantería

El producto es colocado en un conjunto de estantes superpuestos y expuestos al aire. Habitualmente es estante es construido con algún material perforado como puede ser malla de alambre, estructura de cañas, entre otras como se ve en la figura 3.4.

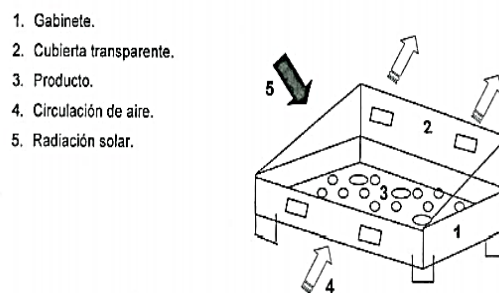


**Figura 3. 4.** Secador tipo estanterías

**Fuente:** [5]

### 3.5.3 Secador tipo gabinete

Consta de una caja con una sola bandeja donde se coloca el producto. El mismo puede ser horizontal o inclinado. Habitualmente, una de sus caras permite la entrada a la radiación solar para efectuar el secado como se observa en la figura 3.5.



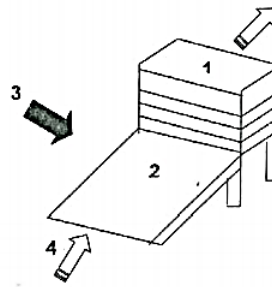
**Figura 3. 5.** Secador tipo gabinete

**Fuente:** [5]

### 3.5.4 Secador tipo cabina

Consta de una caja, pero a su vez de una sola bandeja tal como se muestra en la figura 3.6, usa varias superpuestas como parte de su estructura vertical. Habitualmente las bandejas, tienen su fono perforado. En algunos casos sus lados o techo permiten la entrada de radiación solar.

1. Cabina.
2. Colector solar.
3. Radiación incidente.
4. Circulación de aire.



**Figura 3. 6.** Secador indirecto o mixto de cabina

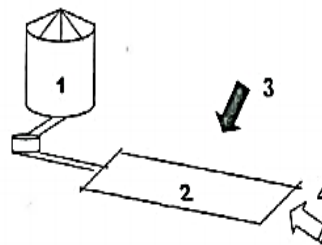
**Fuente:** [5]

### 3.5.5 Secador tipo Silo-cama

Consta de una estructura cilíndrica vertical destinada habitualmente al almacenamiento de productos con forma de grano.

La cama, consta de una bandeja de dimensiones grandes y fondo perforado sobre la cual se colocan los productos de tipo grano formando una capa de cierto espesor. El aire circula en el grano penetrando por el fondo perforado tal como se ve en la figura 3.7.

1. Silo o cama.
2. Colector solar.
3. Radiación solar.
4. Circulación de aire.



**Figura 3. 7.** Secador indirecto de silo o cama

**Fuente:** [5]

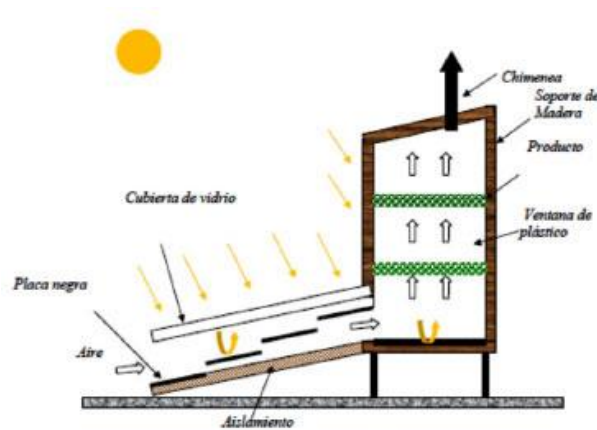
### 3.5.6 Secador tipo chimenea

Este tipo de secador tiene una eficiencia más aceptable, para las distintas investigaciones e experimentos que se va a realizar a la misma de igual manera el costo y su construcción va de la mano con este tipo de secador dando confiabilidad para el siguiente estudio.

En el secado indirecto no se exponen los alimentos directamente a la radiación solar, para disminuir la decoloración y el agrietamiento en la superficie de estos. Los secadores solares indirectos poseen una unidad colectora solar donde ingresa el aire y una cámara de secado



separada donde se almacenan los productos a secar. En el secado solar indirecto el calor necesario para la evaporación se transfiere de forma convectiva desde el aire caliente hacia el material húmedo. Con el secado indirecto se alcanza un mayor control de las condiciones de secado, por lo que se obtiene un producto de mejor calidad. La figura 3.8 muestra el principio de funcionamiento del secado indirecto. Sin embargo, son estructuras más elaboradas que requieren mayor inversión de capital en equipos y tienen mayores costos de mantenimiento que las unidades de secado solar directo.



**Figura 3. 8.** Secador tipo chimenea

**Fuente:** [12]

Un secador solar debe estar regido con los parámetros que necesita, como el tipo, tamaño, y capacidad principalmente ya que con estos parámetros podremos saber su costo y factibilidad.

### **3.6 Tipo de secador escogido para la implementación**

Luego de haber estudiado cada uno de los sistemas de secado y los tipos de secadores procedemos a realizar una tabla comparativa con las características más primordiales para seleccionar el secador más idóneo para la materia prima con la que va a trabajar; estas características se muestran en la tabla 3.1.

**Tabla 3. 1.** Características de los diferentes secadores solares

N.-	Tipo de secador solar	Características
1	Secador solar tipo domo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del 100% de los riesgos de contaminación por basura, polvo o animales.</li> <li>• Disminución de hasta el 50% del trabajo físico requerido.</li> <li>• Disminución hasta en un 40% en el tiempo de secado</li> <li>• Menor costo de construcción en comparación con el patio de cemento (dependiendo del diseño).</li> <li>• Capacidad de producción baja o media</li> <li>• Nivel tecnológico rustico</li> </ul>
2	Secador tipo estantería	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo de calentamiento directo o sin calentamiento</li> <li>• Circulación del aire por acción del viento</li> <li>• Forma de la cámara de secado en estantes</li> <li>• Forma de operación en tanda</li> <li>• Capacidad de producción baja o media</li> <li>• Nivel tecnológico rustico</li> </ul>
3	Secador tipo gabinete	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo de calentamiento directo</li> <li>• Circulación del aire convección natural</li> <li>• Forma de la cámara de secado de gabinete</li> <li>• Forma de operación en tanda</li> <li>• Capacidad de producción baja</li> <li>• Nivel tecnológico rustico</li> </ul>
4	Secador tipo cabina	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo de calentamiento directo o indirecto</li> <li>• Circulación del aire convección natural</li> <li>• Forma de la cámara de secado cabina con</li> </ul>

		bandejas <ul style="list-style-type: none"> <li>• Forma de operación: en tanda</li> <li>• Capacidad de producción baja o media</li> <li>• Nivel tecnológico artesanal</li> </ul>
5	Secador tipo silo-cama	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modo de calentamiento indirecto</li> <li>• Circulación del aire forzada</li> <li>• Forma de la cámara de secado silo o cama</li> <li>• Forma de operación en tanda</li> <li>• Capacidad de producción media o alta</li> <li>• Nivel tecnológico artesanal o técnico</li> </ul>
6	Secador tipo chimenea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ofrece un mejor control sobre el secado, por lo que el producto obtenido es de mejor calidad que el obtenido mediante secado al sol.</li> <li>• La caramelización y daño por calor localizado no ocurren como los productos que están protegidos contra la radiación directa.</li> <li>• Se puede operar a mayor temperatura.</li> <li>• Muy recomendable para los cultivos fotosensibles.</li> <li>• Tienen una mayor eficiencia que el secado solar directo</li> </ul>

Luego de evidenciar cada una de las características de los secadores y tener en consideración que los granos de Quinoa y Amaranto son sensibles y se los debe secar con el mayor cuidado posible se procedió a escoger el secador tipo chimenea ya que el mismo es recomendable para cultivos fotosensibles, debido que su contenedor es cerrado y aísla el material de la radiación solar directa y no permite la caramelización del grano sometido a secado, además también debido a las condiciones climáticas no solo de Cotopaxi, sino también las de la Sierra ecuatoriana las cuales no permiten convección libre del aire, se le adaptara un soplador para que exista circulación forzada del aire caliente del colector solar hasta la cabina, la cual

también tendrá un apoyo de calentamiento eléctrico por medio de una resistencia de calor, en caso de las condiciones climáticas del sector Salache no sean las idóneas para secado solar.

### **3.7 Cámara de secado**

El diseño del contenedor consiste en mejorar de pendiente de su eficiencia a largo plazo como se muestra en la figura 3.9, como parte principal, utilizando material para contener el calor y de la misma manera aumentándolo utilizando el acero inoxidable gracias a sus propiedades térmicas. Que se la utilizara como las paredes y techo del secador, el diseño tendrá un factor de movilidad que facilitara su movilidad para su funcionamiento en terreno evidenciado.



**Figura 3. 9.** Cámara de secado

**Fuente:** [7]

### **Resistencia eléctrica auxiliar para un secado continuo**

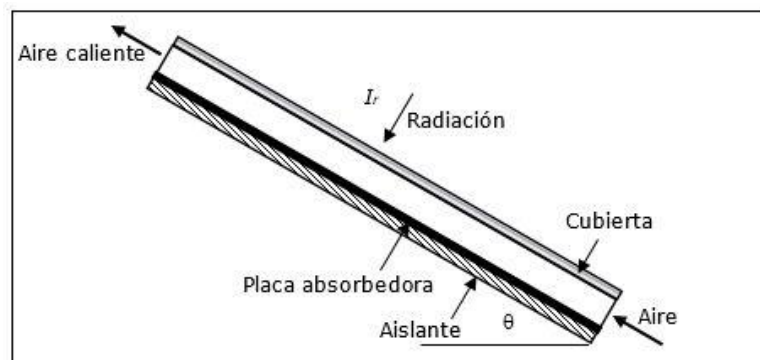
Dispositivo eléctrico cuyo objetivo es la producción de calor. Su funcionamiento se basa en el Efecto Joule. Las resistencias eléctricas calefactoras pueden realizar el calentamiento tanto por convección, conducción o radiación.

### **3.8 Características del colector solar seleccionado**

Es un desarrollo que nace de la necesidad de precalentar el aire para su utilización en procesos industriales o domésticos. El concepto se basa en la idea de aprovechar la radiación solar para incrementar la temperatura del aire circulante. El funcionamiento del techo solar activo opera con la radiación solar directa que incide sobre una superficie negra, la cual incrementa la energía interna de esta superficie y con esto su temperatura. Esta energía se transfiere mediante convección forzada a un flujo de aire que circula de forma constante sobre esta

superficie colectora. Los techos activos se componen principalmente de dos partes: una superficie traslúcida y una placa absorbente de radiación color negro. Como placa traslúcida se utiliza policarbonato alveolar transparente y como placa o superficie absorbente de la radiación un panel aislante, el que se compone de una plancha trapezoidal de acero de color negro y un aislante de poliuretano. Este panel aislado se conoce comercialmente como Instapanel.

El calentamiento de aire, por medio de un techo solar activo, permite que la radiación solar penetre al sistema a través del policarbonato, el cual tiene una transmisividad de un 76-80%. Esta radiación incide finalmente en la superficie metálica negra del panel aislante incrementado considerablemente su temperatura generándose un efecto invernadero que se ve incrementado por el color negro de la superficie metálica del panel. El conjunto policarbonato y panel aislado genera una cámara por la cual circula el aire e intercambia calor con la superficie negra que se encuentra a alta temperatura. Para implementar un techo solar activo se requiere de un ventilador que permita la circulación del aire, forzando su ingreso y recorrido dentro de este, incrementando su temperatura. Se recomienda una velocidad del aire entre 2 y 4 [m/s]. Este panel no presenta problemas frente a inclemencias climáticas ya que se utilizan materiales que están diseñados y garantizados para esta finalidad como se ve en la figura 3.10.



**Figura 3. 10.** Colector solar

**Fuente:** [12]

Los techos solares activos tienen una amplia versatilidad en su aplicación, ya que igualmente pueden ser utilizados como precalentadores de aire de uso industrial. Pueden ser utilizados igualmente para variados volúmenes de producción, ya que, si con el techo solo no se logra alcanzar la meta de producción de secado, este se puede apoyar con la energía acumulada de

agua caliente solar. Esta tecnología se recomienda para medianos productores, debido a los requerimientos de inversión e infraestructura. Para volúmenes muy grandes de producción, este sistema puede representar un ahorro, pero de menor magnitud (menor a 20%).

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Procedimiento para el diseño de la cámara de secado

En la metodología se puede evidenciar cada una de las variables para el proceso de secado, además de las diferentes fórmulas utilizadas para la construcción del mismo ya que al ser un secador para semillas tan pequeñas como la Quinua y el Amaranto, necesita un estudio más centrado en su diseño y aplicación de las variables de cada grano, además que se realizan después de su experimentación ya que el proceso de secado comprende de dos etapas. La primera es la transferencia de la humedad desde la superficie de las semillas hacia el aire y la segunda etapa es el traslado de la humedad del interior de las semillas hacia la superficie de las mismas.

En la presente propuesta tecnológica los recursos empleados serán de carácter teórico como experimental, para de esta manera obtener la metodología adecuada y fundamentada y así la implementación del proceso de diseño, selección y utilización de todas y cada una de las herramientas posibles para el secado o deshidratación de la quinua y amaranto.

#### Determinación del peso del sólido seco

De acuerdo al análisis bromatológico realizado por [13] a los granos de Quinua y Amaranto, para la realización de un proyecto similar de secado, los contenidos de humedad inicial y final para sembrado o consumo de estos tipos de granos son los mostrados en la tabla 4.1.

**Tabla 4. 1.** Contenidos de humedad inicial y final idóneos para Quinua y Amaranto

Tipo de grano	$X_i$ [%]	$X_f$ [%]
Quinua	26,38	14,3
Amaranto	25	13,1

**Fuente:** [13]

$$P_{ss} = \frac{X_f * P_{sh}}{X_i} \quad (4.1)$$

Dónde:

$P_{ss}$ : *Peso del solido seco [kg].*

$P_{sh}$ : *Peso del solido humedo [kg].*

$X_f$ : *Contenido de humedad final [%].*

$X_i$ : *Contenido de humedad inicial [%].*

### **Contenido de humedad final**

El contenido de humedad final de la Quinoa para obtener un secado eficiente de acuerdo a la norma NTE INEN 1673, para obtener un grano de calidad la humedad final debe ser menor al 9% según [14], para la idoneidad y calidad de grano para la Quinoa y para el Amaranto de acuerdo a las norma NTE INEN 2646 el contenido de humedad idónea no debe sobrepasar el 13%, según [15], y se la calcula por la siguiente fórmula:

$$X_f = \frac{W_b - W_s}{W_b} \cdot X_b \quad (4.2)$$

Dónde:

$W_s$  = *Peso del grano final [kg].*

$W_b$  = *Peso del grano inicial [kg].*

$X_b$  = *Contenido de humedad del grano fresco [%].*

### **Contenido de humedad post-secado**

La cantidad de humedad retirada en el proceso de secado del grano de Quinoa y Amaranto es la diferencia entre el contenido de humedad del grano inicial y el contenido de humedad final.

$$\Delta X_{if} = X_i - X_f \quad (4.2)$$

Dónde:

$X_i$  = *contenido de humedad del grano inicial [%].*

$X_f$  = *contenido de humedad final [%].*

## Velocidad de secado

Una de las formas más fáciles para obtener la velocidad de secado de los granos de Quinoa y Amaranto “es a través de la variación del contenido de humedad desde  $X_i$  hasta  $X_f$ ” [16].

$$R = \frac{M_s}{S} * \frac{\Delta X_{if}}{t} \quad (4.2)$$

Dónde:

$M_s =$  Masa final del grano [kg].

$S =$  Superficie de secado [ $m^2$ ].

$\Delta X_{if} =$  Contenido de humedad retirado en el proceso de secado [%].

$t =$  Tiempo de secado [h].

## 4.2 Características de la cámara de secado

Debido a que las propiedades de la cámara de secado son muy similares a las de un horno común, ya que en los dos se debe poner un aislante térmico como espuma de poliuretano o lana de vidrio se ha optado por adquirir un horno de 54 cm de ancho por 45 cm de alto y 55 cm de largo, el cual posee cuatro bandejas las cuales se les puede utilizar para secado de estos dos tipos de granos y adecuarlo de tal manera que se lo pueda utilizar como cámara de secado, además el requerimiento de los beneficiarios no amerita realizar un prototipo el cual abarque grandes cantidades de grano seco, ya que el requerimiento es de 4kg por proceso de secado, y la capacidad de las bandejas del horno son de 1kg por bandeja lo que hace factible secar los 4 kg requeridos.

### Área de la cámara de secado

El área de la cámara de secado viene dada por la profundidad de la cámara de secado por el ancho de la misma.

$$A_{cs} = B_{cs} \cdot D_{cs} \quad (4.5)$$

Dónde:

$A_{cs} =$  Área de la cámara de secado [ $m^2$ ].

$B_{cs} =$  Ancho de la cámara de secado [m].

$D_{cs} =$  Profundidad de la cámara de secado [m].



### **Masa por bandeja**

Podemos utilizar la ecuación del número de bandejas para el cálculo, ya que tenemos el número de bandejas que vienen en el horno, despejaríamos la ecuación siguiente:

$$N_b = \frac{M_T}{m_{AB}} \quad (4.6)$$

De ahí despejamos la masa de grano por bandeja

$$m_{AB} = \frac{M_T}{N_b} \quad (4.7)$$

Dónde:

$m_{AB}$  = Masa total por bandeja [kg].

$M_T$  = Capacidad total del secador [kg].

$N_b$  = Número de bandejas [adimensional].

### **Superficie de secado**

La capa más fina, y por tanto la superficie óptima de secado, corresponde a una sola capa de Quinoa y Amaranto en grano.

Además, una sola capa de grano facilitará e incrementará la velocidad de circulación del aire para el secado a través del producto.

$$\check{S} = \frac{s}{M_F} \quad (4.8)$$

Dónde:

$\check{S}$  = Superficie específica para el secado  $\left[\frac{m^2}{kg}\right]$ .

$s$  = Superficie de una sola capa de Quinoa y Amaranto [ $m^2$ ].

$M_F$  = La masa que ocupa dicha superficie [kg].

Luego que se obtiene la superficie específica se puede determinar la superficie total para el secado del grano fermentado.

$$S = \check{S} \cdot M_F \quad (4.9)$$

Dónde:

$S$  = Superficie total de secado [m].

### Separación entre bandejas

La separación entre bandejas recomendable para que no exista saturación de humedad en el aire caliente y pueda circular por la cámara de secado, según [17] es entre 2 a 5 pulgadas, el horno adquirido tiene una separación entre bandejas de 5 cm por lo que se encuentra dentro los estándares solicitados.

### Calor necesario para el secado de Quinoa y Amaranto

“El secado de sólidos es un proceso el cual consiste en la absorción de energía a través de la transferencia de calor extrayendo la cantidad de agua siendo un proceso simultáneo, el calor latente necesario para la evaporación de agua es de 2500 J/g” según argumenta [18], tomando en cuenta que el sólido tiene sus propiedades térmicas y físicas determinado la calidad de secado, el calor mínimo necesario para secar Amaranto depende de la temperatura la cual es de 30 grados centígrados y se la obtiene por:

$$Q_{necesario} = m \cdot cp \cdot \Delta T \quad (4.10)$$

Dónde:

$Q_{necesario}$  = Calor necesario para secado [kJ].

$m$  = Masa para secar [kg].

$cp$  = Calor específico de la Quinoa y el Amaranto  $\left[ \frac{kJ}{kg^{\circ}C} \right]$ .

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas inicial y temperatura para secado [ $^{\circ}C$ ].

### Calor promedio

$$Q_{promedio} = \frac{Q_{Quinoa} + Q_{Amaranto}}{2} \quad (4.11)$$

Dónde:

$Q_{Quinoa}$  = Calor necesario para secado de Quinoa [kJ].

$Q_{Amaranto} = \text{Calor necesario para secado de Amaranto [kJ]}.$

### **Potencia necesaria para secado**

Se la obtiene por medio de la fórmula:

$$P = \frac{Q_{promedio}}{t} \quad (4.12)$$

Dónde:

$P = \text{Potencia de secado [W]}.$

$Q_{necesario} = \text{Calor necesario para secado [kJ]}.$

$t = \text{tiempo de secado [h]}.$

### **Perdidas de calor en la cámara de secado**

Las pérdidas de calor en el secador se calculan por la siguiente fórmula:

$$Q_{perdidas} = U \cdot A \cdot (T_i - T_o) \quad (4.13)$$

Dónde:

$Q_{perdidas} = \text{Calor de perdidas [W]}.$

$U = \text{Coeficiente de transferencia de calor} \left[ \frac{W}{m^2K} \right].$

$A = \text{Área de secado [m}^2\text{]}.$

$T_i = \text{Temperatura en el interior del contenedor [K]}.$

$T_o = \text{Temperatura ambiente [K]}.$

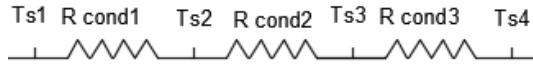
Para determinar el coeficiente de transferencia de calor en la cámara de secado, se calcula por medio de resistencias, en donde se evalúan las perdidas por conducción y convección de la siguiente manera:

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (4.14)$$

Dónde:

$$R_T = \text{Resistencia total} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$$

Se procede a armar el circuito de resistencias para obtener  $R_T$ , como se observa a continuación.



Posteriormente se procede a establecer las fórmulas para las resistencias.

$$R_{cond1} = \frac{L}{K} \quad (4.15)$$

Dónde:

$$R_{cond1} = \text{Resistencia por conducción} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$$

$$K = \text{Coeficiente por conducción de la pared de acero inoxidable} \left[ \frac{W}{mK} \right].$$

$$L = \text{Espesor del material} [m].$$

$$R_{cond2} = \frac{L}{K} \quad (4.16)$$

Dónde:

$$R_{cond2} = \text{Resistencia por conducción} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$$

$$K = \text{Coeficiente por conducción de la pared de acero inoxidable} \left[ \frac{W}{mK} \right].$$

$$L = \text{Espesor del Aislante} [m].$$

$$R_{cond3} = \frac{L}{K} \quad (4.17)$$

Dónde:

$R_{cond3} = \text{Resistencia por conducción} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$

$K = \text{Coeficiente por conducción de la pared de acero inoxidable} \left[ \frac{W}{mK} \right].$

$L = \text{Espesor del Aislante} [m].$

Una vez determinadas las resistencias, se procede a sumar las resistencias para determinar una  $R_T$ .

$$R_T = \sum Res \quad (4.18)$$

### **Calor total**

Es la suma del calor necesario para el secado de Quinua y Amaranto más el calor de pérdidas en las paredes y aislamiento.

$$Q_T = Q_{necesario} + Q_{perdidas} \quad (4.19)$$

### **Materiales usados para la cámara de secado**

No existe aún una norma para lo que es construcción de deshidratadores solares, pero como el secador en construcción posee un sistema similar al de calentamiento del agua en cuanto a los materiales se puede tomar como respaldo los materiales utilizados para la cámara, la cual va a estar expuesta a la intemperie, tal como sucede con el calentamiento del agua.

### **Paredes internas, externas y rieles para la cámara de secado**

“Los contenedores deben ser metálicos (hierro galvanizado, hierro con recubrimiento de porcelana, acero inoxidable etc.) o de cualquier otro material que demuestre soportar las condiciones ya mencionadas, de presión, temperatura, corrosión, oxidación, y resistencia al ambiente” [19].

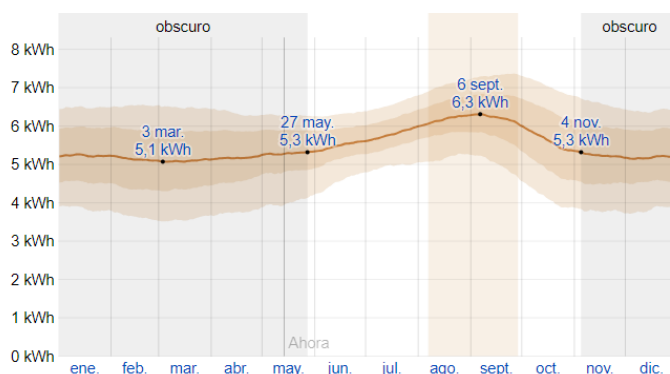
## **4.3 Diseño del colector solar**

### **4.3.1 Características climatológicas de Latacunga**

## Radiación solar

Las propiedades meteorológicas específicas del cantón Latacunga (lugar donde se realizó la experimentación y la implementación del equipo) se obtuvieron del INAMI y weatherspark, y se relacionan de acuerdo a la sectorización de acorde al nivel de radiación evidenciada en la provincia de Cotopaxi, en la figura 4.1, se muestra los niveles de radiación solar durante todo el año en la ciudad de Latacunga.

“El período más resplandeciente del año dura 1,7 meses, del 6 de agosto *al* 28 de septiembre, con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 6,1 kWh. El día más resplandeciente del año es el 6 de septiembre, con un promedio de 6,3 kWh” [20].



**Figura 4. 1.** Radiación solar en Latacunga

**Fuente:** [21]

### Nivel de radiación promedio por día en Latacunga

En Cotopaxi donde se cultiva una considerable cantidad de Quinoa y en menor porcentaje, pero igualmente aceptable el Amaranto existe un nivel de radiación aceptable para la aplicación de la propuesta tecnológica, a continuación, en la tabla 3 se evidencia el nivel de radiación por día en la ciudad de Latacunga.

**Tabla 4. 2.** Nivel de radiación por día en Latacunga

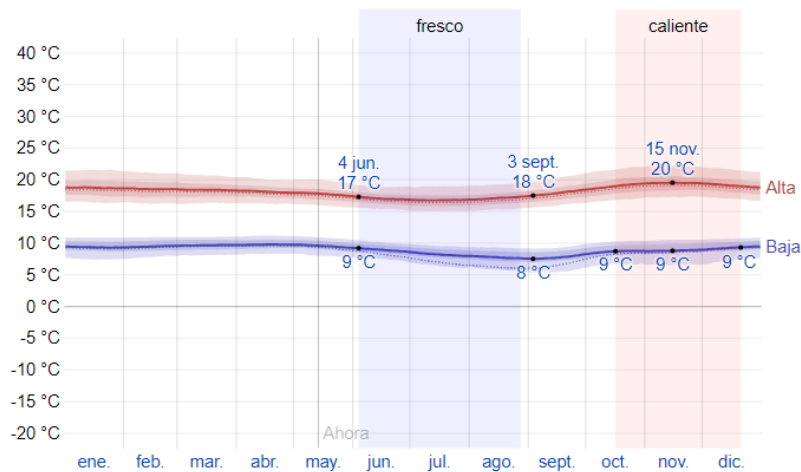
PROVINCIA	CIUDAD	Wh / m2.día Promedio	ZONA
Cotopaxi	Latacunga	4800	IV

**Fuente:** [22]

## Temperatura en la ciudad de Latacunga

“La temporada templada dura 2,1 meses, del 16 de octubre al 21 de diciembre, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 19 °C. El día más caluroso del año es el 15 de noviembre, con una temperatura máxima promedio de 20 °C y una temperatura mínima promedio de 9 °C” [21].

“La temporada fresca aproximadamente dura 2,7 meses, del 4 de junio al 27 de agosto, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 17 °C. El día más frío del año es el 3 de septiembre, con una temperatura mínima promedio de 8 °C y máxima promedio de 18 °C” [21], tal como se evidencia en la figura 4.2.



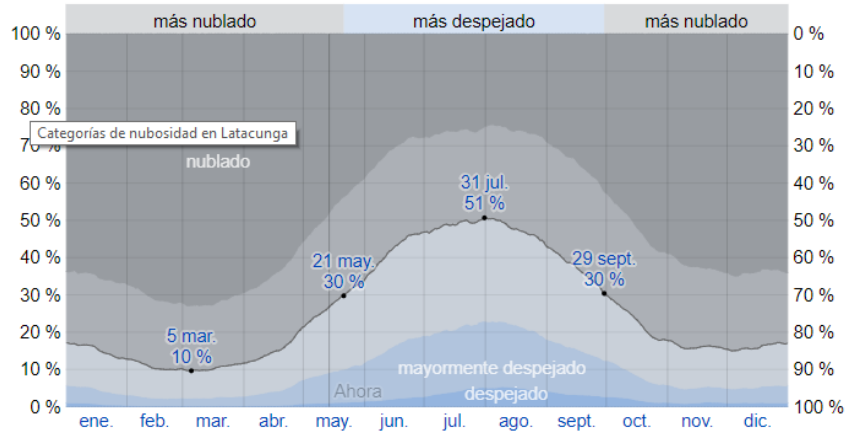
**Figura 4. 2.** Temperatura de la ciudad de Latacunga

**Fuente:** [21]

## Nubosidad en la ciudad de Latacunga

En los estudios que se realizan en los denominados días malos, se pone énfasis en el estudio de los días nublados ya que, al existir obstrucción de las nubes, no dejaría circular libremente la radiación solar hacia los colectores solares, paneles fotovoltaicos o cualquier sistema que trabaje con energía solar, siendo así el desafío de realizar una máquina eficiente, teniendo en cuenta estos factores.

En Latacunga, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente en el transcurso del año como se observa en la figura 4.3.



**Figura 4. 3.** Nubosidad en Latacunga

**Fuente:** [21]

### 4.3.2 Cálculo para el dimensionamiento del colector

#### Calor útil del colector

La ganancia de energía del colector se la conoce como calor útil, el cual es el flujo de trabajo, determinado principalmente por la temperatura del aire entrante y la temperatura del que sale, el calor específico del fluido y el flujo másico.

$$Q_u = \dot{m}_a c_p (T_s - T_e) \quad (4.20)$$

Dónde:

$$c_p = \text{calor específico del aire} \left[ \frac{kJ}{kg * K} \right].$$

$$\dot{m}_a = \text{Flujo másico del aire} \left[ \frac{kg}{s} \right].$$

$$T_s = \text{Temperatura de salida} [K].$$

$$T_e = \text{Temperatura de entrada} [K].$$

La ecuación del flujo másico está dada por:

$$\dot{m}_a = Q \cdot \rho_{aire} \quad (4.21)$$

Dónde:

$$\dot{m}_a = \text{Flujo másico del aire} \left[ \frac{kg}{s} \right].$$



$$Q = \text{Caudal del aire del ventilador} \left[ \frac{m^3}{s} \right].$$

$$\rho_{\text{aire}} = \text{Densidad del aire} \left[ \frac{kg}{m^3} \right].$$

### Área del colector solar

El área del colector es directamente proporcional a la demanda energética para realizar el proceso de deshidratado e inversamente proporcional a la radiación solar incidente y la eficiencia.

$$A_c = \frac{Q_u}{I \cdot n} \quad (4.22)$$

Dónde:

$$A_c = \text{Área del colector} [m^2].$$

$$Q_u = \text{Calor util del colector} [W].$$

$$I = \text{Radiación solar del lugar donde se implementa} \left[ \frac{kWh}{m^2 \text{ dia}} \right].$$

$$n = \text{Eficiencia de colectores de placa plana}.$$

Según [23] la eficiencia en colectores solares de placa plana es del 80%

### Volumen de aire en el colector

$$V = A \cdot h \quad (4.23)$$

Dónde:

$$V = \text{Volúmen de aire} [m^3].$$

$$A = \text{Área del colector} [m^2].$$

$$h = \text{altura del colector} [m].$$

Con el volumen de aire podemos calcular la masa de aire con la siguiente fórmula:

$$m = \delta \cdot V \quad (4.24)$$

Dónde:

$$m = \text{masa de aire} [kg].$$

$$\delta = \text{peso específico del aire} = 1.109 \left[ \frac{kg}{m^3} \right].$$

$V = \text{Volumen de aire } [m^3]$ .

### Calor de pérdidas en el colector solar

Tal como se calculó el calor de pérdidas en la cámara de secado, se debe calcular las pérdidas en el colector solar y posteriormente determinar el calor total generado.

$$Q_{p.colector} = Uc \cdot A \cdot (T_i - T_o) \quad (4.25)$$

Dónde:

$Q_{p.colector} = \text{Calor de pérdidas } [W]$ .

$Uc = \text{Coeficiente de transferencia de calor } [W/m^2K]$ .

$A = \text{Área del colector solar } [m^2]$ .

$T_i = \text{Temperatura de salida } [K]$ .

$T_o = \text{Temperatura de entrada } [K]$ .

$U$  se lo determina por medio de la siguiente ecuación:

$$Uc = \frac{1}{R_T} \quad (4.26)$$

Y se procede a determinar las resistencias.

$$R_{cond1} = \frac{L}{K} \quad (4.27)$$

Dónde:

$R_{cond1} = \text{Resistencia por conducción } \left[ \frac{m^2K}{W} \right]$ .

$K = \text{Coeficiente por conducción del piso de tool } \left[ \frac{W}{mK} \right]$ .

$L = \text{Espesor del material } [m]$ .

$$R_{cond2} = \frac{L}{K} \quad (4.28)$$

Dónde:

$$R_{cond2} = \text{Resistencia por conducción} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$$

$$K = \text{Coeficiente por conducción del aislante de lana de vidrio} \left[ \frac{W}{m^2 K} \right].$$

$$L = \text{Espesor del Aislante} [m].$$

$$R_{cond3} = \frac{L}{K} \quad (4.29)$$

Dónde:

$$R_{cond3} = \text{Resistencia por conducción} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$$

$$K = \text{Coeficiente por conducción del piso exterior de acero inoxidable} [W/mK].$$

$$L = \text{Espesor del material} [m].$$

$$R_{cond4} = \frac{L}{K} \quad (4.30)$$

Dónde:

$$R_{cond4} = \text{Resistencia por conducción} \left[ \frac{m^2 K}{W} \right].$$

$$K = \text{Coeficiente por conducción de la pared de poliuretano} [W/mK].$$

$$L = \text{Espesor del material} [m].$$

Una vez determinadas las resistencias, se procede a sumar las resistencias para determinar una  $R_T$ .

$$R_T = \sum Res \quad (4.31)$$

Posteriormente determinada la resistencia total, se determina el calor de pérdidas y el calor total del colector.

$$Q_T = Q_{util} + Q_{p.colector} \quad (4.32)$$

### **Selección de la inclinación del colector**

Para la inclinación del colector es importante conocer que el Ecuador se encuentra en latitud cero por lo que se podría inclinar a 0 grados, pero la norma ecuatoriana NEC11 capítulo 14, menciona que por limpieza se lo debe colocar a una inclinación determinada, según la locación donde se lo esté implementando con la siguiente formula.

$$\text{Ángulo de inclinación} = L + 10 \quad (4.33)$$

Dónde:

$L =$  Latitud de la zona [Grados].

$10 =$  ángulo de limpieza[Grados].

### **4.3.3 Materiales utilizados para la construcción de colectores solares**

Los materiales de construcción para colectores solares son similares a los colectores para calentamiento de agua los cuales se encuentran estandarizados en la Norma Ecuatoriana de la Construcción NEC 11 capítulo 14 [19].

#### **Marco exterior**

“Los marcos son comúnmente fabricados a base de acero inoxidable o aluminio anodizado por su resistencia a la corrosión, y deben tener la rigidez necesaria para soportar a los componentes internos” [19].

#### **Aislante térmico**

“Con el aislante se debe tener un rango de grosor apropiado (no menor a 3 cm y preferentemente mayor a 5 cm), esto debido a que las pérdidas del colector se reducirán cuando el espesor del aislante sea mayor. Su disposición deberá incluir los lados laterales del colector solar. Se recomienda el uso de aislantes que tengan coeficientes  $k$  que se encuentren entre 0,014 y 0,035 Kcal/hr m°C y que sean estables” [19].

Para la construcción del colector existen dos tipos de aislantes idóneos para altas temperaturas, el poliuretano como señala la norma EN 13165 y la lana de vidrio según la norma EN 13167, los cuales irán ubicados tanto en el colector, como en la cámara de secado debido a que tienen unas excelentes propiedades de aislamiento.

### **Recubrimiento de la placa colectora**

“Se debe comprobar que el pigmento negro sea totalmente uniforme en toda la superficie de la placa colectora. Así mismo se debe comprobar que no existan agrietamientos e irregularidades” [19].

### **Cubierta**

“Esta puede ser fabricada de vidrio o de plástico, por lo general son preferibles las cubiertas de vidrio, permitiendo alcanzar altas temperaturas. Este vidrio puede ser de tipo solar o normal transparente por lo que puede contener cantidades bajas de hierro en su composición, lo que aumenta su transividad y disminuye su emisividad” [19].

### **4.3.4 Dimensiones de los granos y selección del tamiz para el secado**

#### **Dimensiones de la Quinua**

“La semilla de quinua es de propiedad isodiamétrica, sin embargo; puede adquirir formas, como cónica, cilíndrica y elíptica; de acuerdo a la investigación realizada por [24] , asimismo se las puede clasificar por tamaños diferentes que van de 1,36 a 2,66 mm .” tal como expone la Food and Agriculture Organization (FAO) [3].

#### **Dimensiones del Amaranto**

Tal como la semilla de Quinua, el Amaranto también de isodiamétrico, el grano ideal de Amaranto tiene las medidas de “aproximadamente de 0,9 a 1,7 mm de diámetro equivalente. Las semillas son lisas, brillantes y de color amarillo crema, doradas y hasta negras” [25].

#### **Selección del tamiz para secado**

En la norma NTE INEN 1515 se establece los tamaños nominales de cribas metálicas o zarandas y tamiz de selección, acorde a los diámetros equivalentes presentados anteriormente. En la tabla 4.3 se muestran las medidas de tamiz para granos.

**Tabla 4. 3.** Medidas de tamiz según norma INEN 1515

TAMAÑO NOMINAL	VARIACIÓN PERMISIBLE TAMAÑO NOMINAL	TAMAÑO MAX PARA MAS DEL 5% mm	TAMAÑO MAX PARA TAMAÑO INDIVIDUAL	$\theta$	% TOLERANCIA
1,25	± 3,7	130	130	8	5
106	± 3,2	110,2	111,1	6,4	5
*90	± 2,7	93,6	94,4	6,08	5
75	± 2,2	78,1	78,7	5,8	5
*63	± 1,9	65,6	66,2	5,5	5
53	± 1,6	55,2	55,7	5,15	5
*45	± 1,4	46,9	47,4	4,85	5
37,5	± 1,2	39,1	39,5	4,59	5
*31,5	± 1	32,9	33,2	4,23	5
26,5	± 0,8	27,7	28	3,9	5
*22,4	± 0,7	23,4	23,7	3,5	5
19	± 0,6	19,9	20,1	3,3	5
*16,0	± 0,5	16,7	17	3	5
13,2	± 0,41	13,83	14,05	2,75	5
*11,2	± 0,35	11,75	11,94	2,45	5
9,5	± 0,3	9,97	10,16	2,27	5
*8	± 25	8,41	8,58	2,07	5
6,7	± 0,21	7,05	7,2	1,87	5
*5,6	± 0,18	5,9	6,04	1,68	5
4,75	± 0,15	5,02	5,14	1,54	5
*4	± 0,13	4,23	4,35	1,37	5

**Fuente:** [18]

Sin embargo estos valores de aberturas resultaron ser un poco anchos para el diámetro equivalente del amaranto, ya que al momento de experimentar, se probó con una malla de 1mm de abertura, evidenciando que los granos de amaranto no tenían el diámetro equivalente igual, por lo que se adquiere una malla de acero inoxidable de 60 micras de abertura dando los resultados esperados, debido a que los granos tanto de Amaranto como de la Quinua no se filtraron, además permite el paso de calor para un secado uniforme.

#### 4.3.5 Criterios para diseño de equipos de secado solar

##### Criterios para la selección de equipos de secador solar

Existen varias formas para realizar una selección de equipo y los criterios más importantes son: la temperatura del aire y de qué manera va a ingresar al sistema, comenzado con el coeficiente de transferencia de calor volumétrico, la temperatura aproximada de aire caliente cuyos valores están mostrados en el Anexo IV y los escogemos de acorde a la temperatura necesaria para el secado de Quinua y Amaranto, que en este caso son 40 grados centígrados según [26].

Según el Anexo IV proporcionado por [18], se toma en cuenta en la clasificación en sólidos libres, luego en la parte de granos para la aplicación del mecanismo, en donde se separa los secadores, los cuales se clasifican por convección y conducción para ser implementado al

secador por bandejas así como el rotativo, los cuales fueron las mejores opciones para el secador.

“Los colectores solares planos funcionan aprovechando el efecto invernadero el mismo principio que se puede experimentar al entrar en un coche aparcado al sol en verano. El vidrio actúa como filtro para ciertas longitudes de onda de la luz solar: deja pasar fundamentalmente la luz visible, y es menos transparente a las ondas infrarrojas de menor energía” [27].

De acuerdo a los anteriores criterios seleccionados que fueron el secador de bandejas y rotativo es necesario revisar la exposición que tendrá el secado de manera empírica se realiza la selección conlleva al tiempo estimado de secado que tendría de 1 a 6 horas debido por la radiación directa influyente en el colector siendo así el secador de bandeja.

#### **4.3.6 Cálculo para la resistencia eléctrica auxiliar**

Los elementos calefactores para aire / gases, tanto los de diseño a medida como los de ejecución estándar, se emplean en conductos, autoclaves, hornos, las resistencias calefactoras para aire o gases pueden fabricarse con elementos tubulares blindados, aletados helicoidales y/o rectangulares, o con resistencias de hilo bobinado de aleación de Ni-Cr.

Para el cálculo del dimensionamiento de la resistencia eléctrica utilizamos el calor específico del material a secar, en este caso la Quinua y el Amaranto, la temperatura de secado y el área se secado por medio de la siguiente fórmula:

$$P = P_{secado} \quad (4.34)$$

Dónde:

$P =$  Potencia de la resistencia necesaria [W].

$P_{secado} =$  Potencia necesaria para el secado de Quinua y Amaranto [W].

### **4.4 Dimensionamiento de componentes del tablero de control**

#### **Dimensionamiento de Conductores**

Para el dimensionamiento del calibre de los conductores, se considera como mínimo la capacidad de corriente.

Según [28]; refiere que, para instalaciones eléctricas, el calibre del conductor debe soportar por lo menos el 125% del valor de la corriente de protección del circuito de acuerdo a la tabla 4.4.

**Tabla 4. 4.** Capacidad de protección en función del calibre del conductor

Calibre del conductor AWG	14	12	10	8	6
Capacidad máxima del interruptor (Amperios)	15/16	20	30/32	40	50

**Fuente:** [28]

### **Dimensionamiento de breakers de protección**

El interruptor termomagnético o breaker, se instala de acuerdo al calibre del cable que protege, según [29]. El interruptor termomagnético posee tres sistemas de desconexión: manual, térmica y magnética. Se selecciona el interruptor más cercano.

Para seleccionar el breaker se debe calcular la corriente de protección.

$$I_P = 1,25 \cdot I_N \quad (4.35)$$

Dónde:

$I_P$  = Intensidad de protección [Amp].

1.25 = Constante de seguridad.

$I_N$  = Intesidad nominal[Amp].

### **Dimensionamiento de contactores**

Según lo indica [30] de acuerdo a normas y regulaciones eléctricas internacionales tales como IEC y NEMA, define que los contactores bajo norma IEC se seleccionan de acuerdo al tipo de protección y de acuerdo a la aplicación .Mientras que los contactores bajo norma NEMA, están orientados a aplicaciones específicas, por eso deben el nombre de contactores de propósito definido.

Para el caso de la resistencia eléctrica como se utilizó un contactor AC1 ya que de acuerdo con el ANEXO (V) su aplicación es para calefactores, además de un contactor AC3 ya que de acorde con el mismo anexo es el más idóneo para motores, utilizado para el generador de aire.



### Selección del controlador de temperatura

Control de temperatura REX-C700, es un control de temperatura PID que presenta las siguientes características:

- Control PID.
- 1 relé de alarma normalmente abierto.
- 7 diferentes combinaciones de doble salida.
- Rango de error de 0.5%.
- Parámetros de control programables individualmente.
- Entrada TC (K, J, S, E) RTD (Pt100), entrada universal.

### Selección de termocuplas

“Una termocupla es un sensor que se utiliza para medir temperatura, el cual se compone de dos metales de distinto material que logra convertir energía térmica en energía eléctrica”, según [31].

En la tabla 4.5 se muestran los distintos tipos de termocuplas y sus rangos de temperaturas de acorde al material del cual son fabricadas.

**Tabla 4. 5.** Tipos de termocuplas

TIPO	ALEASIÓN	RANGO
Tipo E	Cromel Constantan	-40°C - 900°C
Tipo J	Hierro Constantan	0°C – 700°C
Tipo K	Cromel – Alumel	-40°C – 1200°C
Tipo T	Cobre Constantan	-50°C – 400°C
Tipo R y S	Platino – Rodio Platino	Hasta 1480°C
Tipo B	Platino – Rodio	Hasta 1700°C

**Fuente:** [31]

#### 4.5 Selección de instrumentos de medición para el levantamiento de datos

##### Termo – Anemómetro

El termo anemómetro es un instrumento utilizado para medir la velocidad del viento en el ambiente o en un sistema de generación de aire o ventilación determinado, además de proporcionar la temperatura a la que se encuentra dicho sistema.

##### Piranómetro

El piranómetro es un instrumento de medición e cual se utiliza para determinar la radiación solar que se encuentra incidiendo sobre ese lugar, más comúnmente utilizada para cálculo e implementación de sistemas de generación y calentamiento solar.

## 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se muestra los resultados relacionados al secador de semilla de Quinoa y Amaranto, divididos en tres partes: Implementación del sistema, análisis de cálculos termodinámicos y curvas de eficiencia de secado con respecto al tiempo de acorde a las formulas consideradas en la metodología.

### 5.1 Resultados obtenidos para el diseño de la cámara de secado

En la tabla 5.1, se encuentran los resultados obtenidos para el peso en solido seco de quinoa y amaranto los contenidos de humedad, así como también el contenido de humedad retirado y la velocidad de secado.

**Tabla 5. 1.** Resultados para el peso del solido seco, contenido de humedad final en el grano, humedad retirada en el post- secado y velocidad de secado.

Símbolo	Número de ecuación	Resultado
$P_{ss}$ = Peso del solido seco	(4.1)	$P_{ss} = 0,5437 \text{ kg}$ <i>Quinoa</i>
		$P_{ss} = 0,5181 \text{ kg}$ <i>Amaranto</i>
$X_f$ = Contenido de	(4.2)	$X_f = 13\%$ <i>Quinoa</i>

<i>humedad final.</i>		$X_f = 12,18\%$ <i>Amaranto</i>
$\Delta X_{if} =$ <i>Contenido de humedad retirado en el proceso de secado.</i>	(4.2)	$\Delta X_{if} = 13,3\%$ <i>Quinoa</i>
		$\Delta X_{if} = 13,1\%$ <i>Amaranto</i>
$R =$ <i>Velocidad de secado.</i>	(4.3)	$R = 0,5 \text{ m/s}$

El peso del sólido seco consiste en determinar la masa final a la que debe llegar el grano seco, después de haber realizado la experimentación con un kilogramo de Quinoa y Amaranto el resultado mostrado en la tabla 5.1, se determina que los valores obtenidos son los correctos para el proceso de secado, de igual forma y de acuerdo con la normativa NTE INEN 1673, que habla sobre el contenido de humedad apto para que los granos a secar estén en un rango que garantice calidad, el porcentaje de contenido de humedad obtenidos concuerda con valores similares de acuerdo a las pruebas de bromatología realizados por [13], en cuanto a la velocidad de secado se empleó un termo-anemómetro equipo que permite censar la velocidad con la que ingresa el aire caliente hacia la cámara de secado, velocidad adecuada que permite mantener la temperatura constante.

## 5.2 Resultados relacionados con las características de la cámara de secado

A continuación, en la tabla 5.2 se muestra los resultados para el área de la cámara de secado el número de bandejas, la masa que va a contener cada una de ellas, así como la superficie de secado.

**Tabla 5. 2.** Resultados para el área de la cámara de secado, masa por bandeja, superficie de secado y separación entre bandejas.

<b>Símbolo</b>	<b>Número de ecuación</b>	<b>Resultado</b>
$A_{cs} =$ <i>Área camara de secado.</i>	(4.5)	$A_{cs} = 0,3025m^2$
$N_b =$ <i>Número de bandejas.</i>	(4.6)	$N_b = 4$

$m_{AB}$ = Masa total por bandeja.	(4.7)	$m_{AB} = 1kg/Bandeja$
$\check{S}$ = Superficie específica para secado.	(4.8)	$\check{S} = 0,1575 m^2/kg$
$S$ = Superficie total de secado.	(4.9)	$S = 0,1575 m^2$

Como se explicó anteriormente la cámara de secado fue considerada a partir de la adquisición de un horno cuyas medidas son: 54 cm de ancho por 45 cm de alto y 55 cm de largo, en el cual se albergarán las bandejas con el producto a secar, cada bandeja tiene una capacidad de 1 kg, en base a la producción que el beneficiario maneja, el área de secado se considera a partir de que en cada bandeja se debe hacer una distribución uniforme del producto. Como se lo menciono la separación entre bandejas debe ser de dos pulgadas, por lo que la separación de las mismas en la cámara de secado es de 5 cm, cumpliendo con los estándares establecidos.

### 5.3 Resultados relacionados con los cálculos termodinámicos

Los resultados que se muestran en la tabla 5.3, son valores de calor necesario para el proceso de secado, las pérdidas de calor, así como el resultado del circuito de resistencias diseñado para obtener las pérdidas por conducción que se generen el sistema.

**Tabla 5. 3.** Resultados para el calor necesario para secado, potencia necesaria, perdidas de calor en la cámara, y calor total.

Símbolo	Número de ecuación	Resultado
$Q_{necesario}$ = Calor necesario para el secado	(4.10)	$Q_{necesario} = 56,8kj$ Quinoa
		$Q_{necesario} = 33,6kj$ Amaranto
$Q_{promedio}$ = Calor promedio.	(4.11)	$Q_{promedio} = 45,2kj$
$P$ = Potencia de secado.	(4.12)	$P = 0,94KW$
$Q_{perdidas}$ = Calor de	(4.13)	$Q_{perdidas} = 2,22W$

<i>Perdidas.</i>		
$U =$ Coeficiente de calor.	(4.14)	$U = 0,643 \frac{W}{m^2K}$
$R_{cond1} =$ Resistencia por conduccion 1.	(4.15)	$R_{cond1} = 0,000142 \frac{m^2K}{W}$
$R_{cond2} =$ Resistencia por conduccion 2.	(4.16)	$R_{cond2} = 1,553846 \frac{m^2K}{W}$
$R_{cond3} =$ Resistencia por conduccion 3.	(4.17)	$R_{cond3} = 0,000142 \frac{m^2K}{W}$
$R_T =$ Resistencia Total.	(4.18)	$R_T = 1,554 \frac{m^2K}{W}$
$Q_T =$ Calor total.	(4.19)	$Q_T = 942,22W$

El calor necesario para el secado de Quinua y Amaranto, refiere a la cantidad de energía calorífica que se necesita para extraer un porcentaje de humedad para llevar el producto a valores idóneos para el secado como se puede apreciar en la tabla 5.3, donde se obtiene que es necesario un calor promedio de 45,2 KJ, en contraste con lo argumentado por [18] quien indica que la cantidad de calor latente necesario para la evaporación de agua es de 2500J/gr y se determina que el calor obtenido es suficiente para que el secado sea uniforme, la pérdida de calor en la cámara de secado es de 2,22 W debido al material con el que está construido ya que concentra el calor en las paredes de la cámara; así como también el calor total necesario para el proceso de secado da como resultado calculado 942,22W, donde al momento de la experimentación el colector está en la capacidad de generar 2,3673 KW.

#### 5.4 Diseño del colector solar

La tabla 5.4 contiene los resultados para el diseño del colector solar, muestra el valor de calor útil que se obtiene en el colector así también el volumen del aire que hará circular el aire caliente hacia la cámara de secado.

**Tabla 5. 4.** Resultados para el calor útil del colector, área, volumen de aire, masa de aire, calor de pérdidas, coeficiente de pérdidas, valores de resistencias, resistencia total, calor de pérdidas y calor total.

<b>Símbolo</b>	<b>Número de ecuación</b>	<b>Resultado</b>
$Q_u = \text{Calor util de colector.}$	(4.20)	$Q_u = 2,35KW$
$\dot{m}_a = \text{Flujo masico del aire.}$	(4.21)	$\dot{m}_a = 6,37 \frac{kg}{min}$
$A_c = \text{Área del colector.}$	(4.22)	$A_c = 0,94m^2$
$V = \text{Volumen del aire.}$	(4.23)	$V = 0,096m^3$
$m = \text{Masa de aire.}$	(4.24)	$m = 0,106kg$
$Q_{p.colector} = \text{Calor de pérdidas en el colector.}$	(4.25)	$Q_{p.colector} = 12,72 W$
$U_c = \text{Coeficiente de transferencia de calor.}$	(4.26)	$U_c = 0,53 \frac{W}{m^2K}$
$R_{cond1} = \text{Resistencia por conduccion 1.}$	(4.27)	$R_{cond1} = 0,000000487 \frac{m^2K}{W}$
$R_{cond2} = \text{Resistencia por conduccion 2.}$	(4.28)	$R_{cond2} = 0,731 \frac{m^2K}{W}$
$R_{cond3} = \text{Resistencia por conduccion 3.}$	(4.29)	$R_{cond3} = 0,0000134 \frac{m^2K}{W}$
$R_{cond4} = \text{Resistencia por conduccion 4.}$	(4.30)	$R_{cond4} = 0,115 \frac{m^2K}{W}$
$R_T = \text{Resistencia Total.}$	(4.31)	$R_T = 1,88 \frac{m^2K}{W}$
$Q_T = \text{Calor Total.}$	(4.32)	$Q_T = 2,3673kW$

Como se evidencia en los valores mostrados en la tabla 5.4 la pérdida de calor en el colector  $12,72 W$  es mayor a las pérdidas en la cámara de secado  $2,22W$  , esta variación se debe a los materiales que emplea el colector, para aprovechar la mayor cantidad de calor la circulación es de manera forzada en base al efecto termocifónico, como se evidencia la cantidad de calor que genera el colector  $2,3673KW$  es mayor a la cantidad necesaria  $942,22W$  por lo que la máquina está en la capacidad de proveer el calor necesario para llevar a cabo el proceso.

### 5.5 Ángulo de inclinación del colector solar

Como se conoce, el Ecuador está ubicado en la latitud cero grados, por lo que cualquier sistema fotovoltaico o cualquier panel solar, se lo podrá ubicar a cero grados de inclinación, pero la norma NEC 11 cap. 14 exige ubicarlo a  $10^0$  de inclinación, por limpieza, además para determinar la inclinación, se lo realiza con la formula (4.33).

$$\text{Ángulo de inclinación} = L + 10$$

$$\text{Ángulo de inclinación} = 0^0 + 10^0$$

$$\text{Ángulo de inclinación} = 10^0$$

### 5.6 Resistencia eléctrica auxiliar

Si bien es cierto el equipo es solar, cuando las condiciones climáticas del sector Salache sean adversas, se necesita un asistente auxiliar de calor debido a que uno de los requerimientos del lugar donde se lo implementará, es que sea de flujo continuo de calor, para que de esta manera no se detenga el proceso de secado y no dañe el grano sometido a experimentación, además ya que el equipo tal vez lo utilicen para secado de otro tipo de materiales, se ha optado por sobredimensionar la potencia necesaria para la resistencia auxiliar, si bien es cierto fue necesaria una potencia de  $942,22 W$ , se adquirió una resistencia eléctrica con un factor de sobredimensionamiento de 1,91 teniendo las siguientes características:

**Tabla 5. 5.** Características de la resistencia eléctrica auxiliar

MARCA	POTENCIA (W)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)
HACEB	1800 W	127 V	15 A

Si bien el consumo de corriente es un poco alto, hay que tomar en cuenta que la resistencia eléctrica funcionara solo si hiciera falta calor en el colector solar, por lo que hace casi innecesario su uso, sin embargo, se la implemento para uso continuo de calor.

### 5.7 Generador de aire

El generador de aire provee un caudal de este fluido hacia la cámara de secado produciendo la convección forzada, debido a que en el Ecuador las condiciones climáticas no son suficientes para que exista una convección libre, de acuerdo a la cantidad de material a secar y los cálculos obtenidos, se optó por adquirir el siguiente generador de aire:

**Tabla 5. 6.** Características del generador de aire

MARCA	POTENCIA	VOLTAJE	CORRIENTE	CAUDAL
BLOWER	200W	127V	1 A	$5,2 \frac{m^3}{min}$

### 5.8 Programación del controlador de temperatura REX C-700

El controlador REX C-700 posee un tipo de control PID y un control ON - OFF, lo cual al momento del uso activa alarmas las cuales dan intermitencia a las salidas del mismo, para evitar eso, se debe realizar una programación con los pasos mostrados en el anexo X, para eliminar la intermitencia pr medio de la desactivación del control PID y la activación del control ON – OFF, el cual funcionara abriendo o cerrando los contactos de sus salidas de acuerdo a los parametros requeridos por el usuario y la señal que se detecte por medio de la termocupla, pero esta vez sin intermitencia.

El funcionamiento del cotrolador aplicado a este proyecto y con los valores de temperatura necesarios se muestran en el anexo III, por medio de un diagrama de flujo del proceso de secado.

### 5.9 Dimensionamiento de los conductores eléctricos

El dimensionamiento de los conductores se lo realizó acorde a la norma eléctrica ecuatoriana NEC-SB-IE de instalaciones eléctricas [32], mediante esta norma se evidencio los siguientes calibres de conductores de acuerdo al tipo de aparato al cual van a ser instalados, mostrados en la tabla 5.7.



**Tabla 5. 7.** Calibres de conductor

<b>Tipo de carga</b>	Cargas especiales	Tomacorrientes	Tableros de control
<b>Calibre</b>	10 AWG	12 AWG	14 AWG
<b>Amperaje</b>	30/32 A	20 A	15/16 A

### 5.10 Dimensionamiento de termomagnéticos

El dimensionamiento de los termomagnéticos se lo realizo tomando en cuenta el calibre del conductor y el amperaje que soporta, así como también el uso de la formula (4.35), tal como se evidencia en la tabla 5.8.

**Tabla 5. 8.** Valores de los termomagnéticos

<b>Tipo de carga</b>	Cargas especiales (Resistencia)	Generador de aire	Tablero de control
<b>Corriente de protección</b>	$I_p = 40 A$	$I_p = 25 A$	$I_p = 20 A$

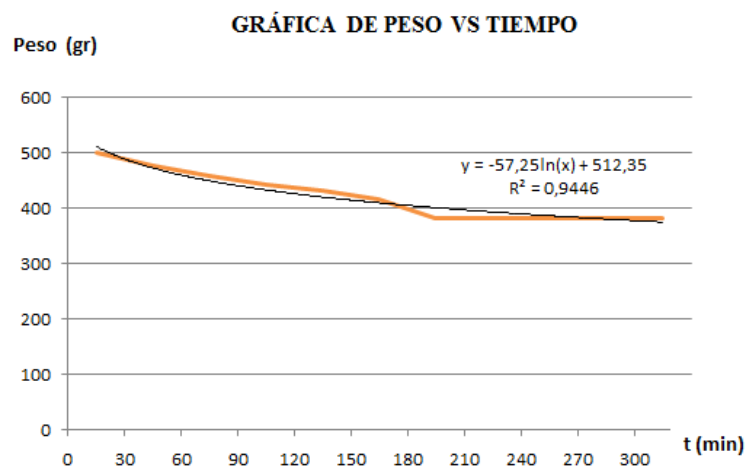
### 5.11 Selección de la Termocupla

Puesto que se trabajó con productos alimenticios, las termocuplas más idóneas para este tipo de trabajo fueron el tipo J y PT100, realizando un análisis de los niveles de temperatura de operación los cuales no son tan altos, se optó por trabajar con la Termocupla tipo J.

### 5.12 Análisis de resultados obtenidos en el secado de Quinua

#### Peso vs tiempo

La experimentación con la máquina ya implementada en el proyecto de granos andinos, se la realizo con una muestra de 500 gr de Quinua, con el propósito de determinar el tiempo real de secado de este tipo de grano, teniendo en cuenta que la temperatura en la cámara de secado fue de 40 °C con una variación de más 2 °C y menos 2 °C, y la temperatura en el colector fue desde 35 °C hasta una máxima de 65 °C , evidenciando una radiación mínima de 588 W/m<sup>2</sup> y una máxima medida de 1315W/m<sup>2</sup>, hasta determinar un peso de equilibrio, en la figura 5.1, se muestran los valores obtenidos en la experimentación.

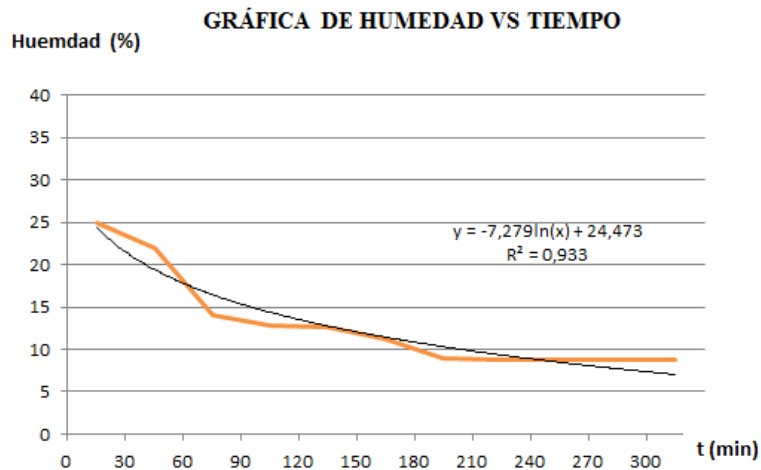


**Figura 5. 1.** Peso vs Tiempo

Según la curva que muestra la relación entre el peso inicial de la quinua con respecto al tiempo de exposición al secado, muestra que el peso del grano en la bandeja tiende a bajar, sabiendo que la muestra del grano de quinua fresco ingresa a la cámara de secado con un peso inicial de 500 gr, las mediciones se hacen en un intervalo de 30 minutos en los cuales el peso va disminuyendo, al llegar a los 90 minutos el peso registra un descenso donde la muestra pesa 441,55 gr cuando en el proceso de secado al transcurrir 180 min la bandeja con grano alcanza un peso de 381,92 gr teniendo en cuenta que la velocidad del secado depende de la cantidad de producto a secar y de manera las condiciones climáticas del lugar y de manera directa a la radiación incidente en el colector. Además se representa la ecuación de regresión  $y = -57,25\ln(x) + 512,35$ , donde se obtiene un valor de regresión de  $R^2 = 0,9446$ , este valor debe ser menor a 1 el valor de regresión para el peso vs tiempo, puede ser obtenido al reemplazar el valor de  $x$  y resolver la ecuación.

### **Humedad vs tiempo**

Bajo las mismas condiciones, se analiza la gráfica de humedad vs tiempo, ya que de acorde pierde peso el sólido seco, pierde también su humedad, de manera porcentual, hasta llegar a su humedad de equilibrio y con un valor normado al cual se le puede considerar seco, en la figura 5.2 se puede evidenciar la curva de pérdida de humedad, de acorde al tiempo de secado.



**Figura 5. 2.** Contenido de Humedad vs Tiempo

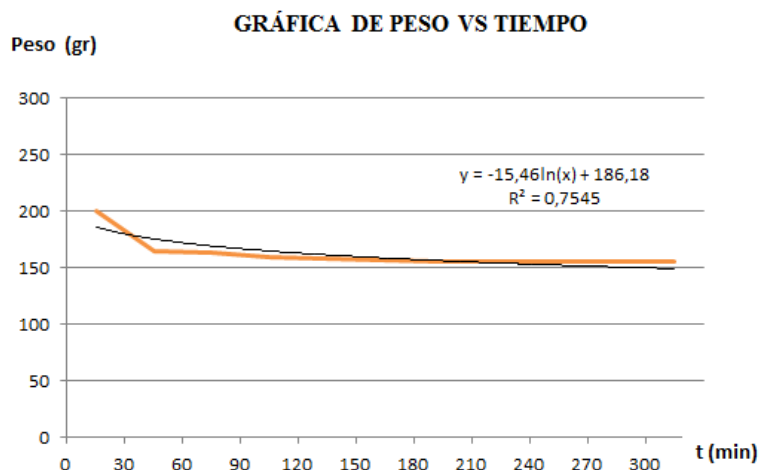
Se representa la ecuación de regresión  $y = -7,279\ln(x) + 24,473$ , donde se obtiene un valor de regresión de  $R^2 = 0,933$ , este valor debe ser menor a 1 el valor de regresión para la humedad vs tiempo, puede ser obtenido al reemplazar el valor de  $x$  y resolver la ecuación. En la curva que representa el comportamiento del contenido de humedad en función del tiempo de secado, se muestra de manera más precisa el funcionamiento del secador, al inicio del proceso de secado la quinua ingresa con un 25% de contenido de humedad al ser sometida al proceso de trilla y desechada la panoja, al igual que en la primera ilustración el intervalo de tiempo es de 30 minutos en cada lectura donde se evidencia que la humedad disminuye acorde va avanzando el proceso de secado, al cabo de los primeros 30 minutos la lectura con el medidor indica una cantidad de 21,90 % de humedad presente en la muestra de 500 gr, indicando así que se ha retirado 3.15% de humedad del producto en ese intervalo de tiempo, a los 90 minutos de iniciado el proceso es decir a la mitad del mismo en una nueva medición la lectura es de 12.90%, una vez completado el proceso de trabajo en 240 minutos de experimentación el contenido final de humedad es de 8,50 %, porcentaje que de acuerdo a las fuentes consultadas se considera idóneo para que el grano de quinua sea usado para semilla.

### **5.13 Resultados obtenidos en el secado del Amaranto**

#### **Peso vs tiempo**

La experimentación con la máquina ya implementada en el proyecto de granos andinos, se la realizó con una muestra de 200 g de Amaranto, debido a que en el campus salache, todavía este producto no se encontraba en tiempo de cosecha y se buscó los granos más maduros, con el propósito de determinar el tiempo real de secado de este tipo de grano, teniendo en cuenta

que la temperatura en la cámara de secado fue de 40 °C con una variación de más 2 °C y menos 2 °C, y la temperatura en el colector fue desde 37 °C hasta una máxima de 65 °C , evidenciando una radiación mínima de 598 W/m<sup>2</sup> y una máxima medida de 1300W/m<sup>2</sup>, hasta determinar un peso de equilibrio, en la figura 5.3, se muestran los valores obtenidos en la experimentación.



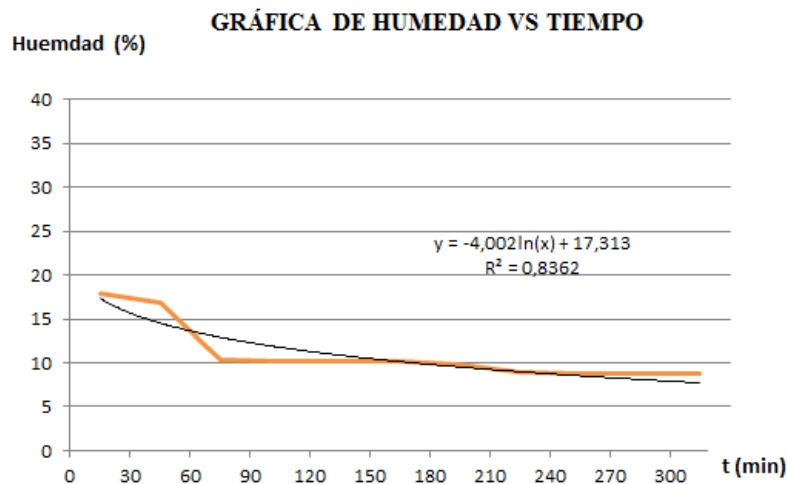
**Figura 5. 3.** Grafica de Peso vs Tiempo

La ecuación de regresión  $y = -15,46\ln(x) + 186,18$ , donde se obtiene un valor de regresión de  $R^2 = 0,7545$  , este valor debe ser menor a 1 el valor de regresión para el peso vs tiempo de secado del amaranto, puede ser obtenido al reemplazar el valor de  $x$  y resolver la ecuación.

Según la curva del comportamiento del peso inicial del amaranto en función del tiempo de secado, se aprecia que la muestra de 200 gr de amaranto ingresa a la cámara de secado donde en los primeros 30 minutos de experimentación el peso disminuye a 165,18 gr, al ir avanzando en el proceso de secado el área que ocupa la muestra se reduce de manera gradual, una muestra visible de que el producto está secándose a los 90 minutos de secado el peso de la muestra es de 159,58 gr es decir que el peso se redujo en un 40.42 % del valor de peso inicial, como se aprecia en la ilustración conforme va avanzado el secado los valores de peso son uniformes debido a que el grano sometido al proceso entra en el rango de alcanzar el equilibrio de humedad, al llegar a los 180 minutos de proceso el peso de la muestra es de 154,96 gr , el trabajo con 200 gramos de muestra se debe a la disponibilidad de material a secar. Las condiciones climáticas influyen de manera directa en los valores ya que en el lugar de pruebas el clima por esta estación es variable y por esta razón la radiación solar no es constante.

## Humedad vs tiempo

Bajo las mismas condiciones, se analiza la gráfica de humedad vs tiempo, ya que de acorde pierde peso el sólido seco, pierde también su humedad, de manera porcentual, hasta llegar a su humedad de equilibrio y con un valor normado al cual se le puede considerar seco, en la figura 5.4 se puede evidenciar la curva de perdida de humedad, de acorde al tiempo de secado.



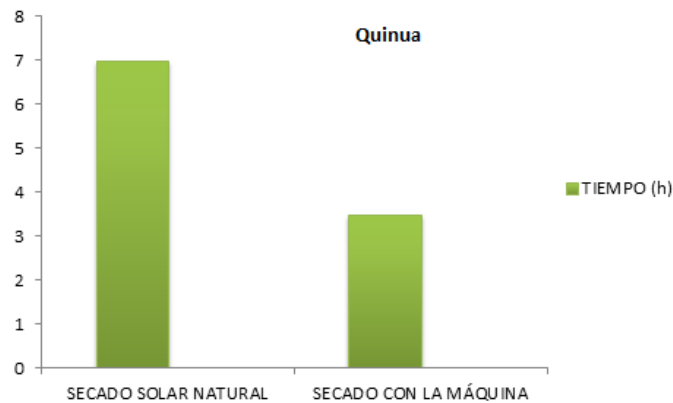
**Figura 5. 4.** Humedad vs Tiempo

En la ilustración se muestra la curva de comportamiento del contenido de humedad inicial del amaranto en función de tiempo de secado, al inicio del proceso la muestra de 200 gramos de Amaranto ingresa con un 18% de humedad, el intervalo de levantamiento de datos será de 30 minutos, es así que al cabo de los 30 minutos iniciales se obtiene una reducción en el contenido de humedad de 1.2%, en el siguiente levantamiento de datos el contenido de humedad es de 10,30% es decir hubo un retiro de humedad de 7,7% este valor alto de reducción se debe a que justamente en ese intervalo la radiación solar aumento, las siguientes tres tomas de datos se aprecia una uniformidad en valores la disminución del área que ocupa el grano en la bandeja también se hace evidente al completar los 180 minutos de proceso la muestra de grano sometida al secado ha llegado a un 8,30% de contenido de humedad, porcentaje que según las fuentes consultadas entra en el rango para que el grano sea empleado como semilla. La ecuación de regresión  $y = -4,002\ln(x) + 17,313$ , presentada en la gráfica, donde se obtiene un valor de regresión de  $R^2 = 0,8362$ , este valor debe ser menor a 1 para el valor de regresión para la humedad vs tiempo de secado del amaranto, puede ser obtenido al reemplazar el valor de  $x$  y resolver la ecuación.

### 5.14 Comparación entre el secado natural y secado con la máquina implementada

La comparación se realiza obteniendo datos reales del proceso de secado natural, tanto de Quinua, como del Amaranto, para de esta manera evidenciar si la máquina es idónea para el proceso de secado de este tipo de granos, en las figuras 5.5 y 5.6, se evidencian los valores obtenidos.

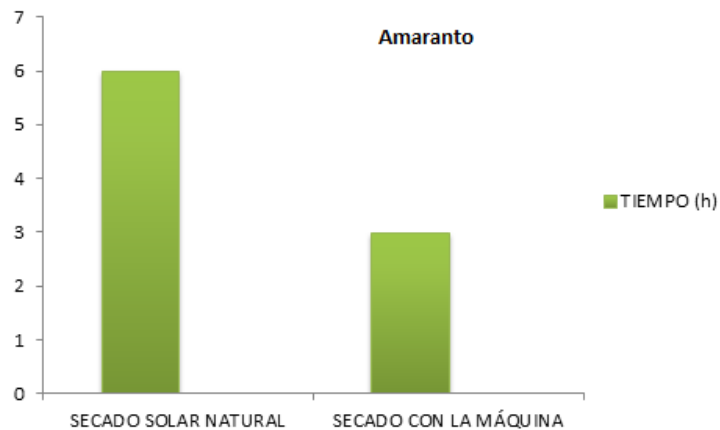
#### Quinua



**Figura 5. 5.** Comparación de secado en la Quinua

Como se observa en el gráfico existe una reducción de 3 horas y media de secado, es decir se redujo hasta la mitad de tiempo con la máquina implementada, esta determinación se la realizó sometiendo una muestra de 500gr de Quinua a secado natural y otra muestra similar a secar con la máquina, bajo las mismas condiciones climáticas y determinando su contenido de humedad inicial, y realizando mediciones en lapsos de media hora hasta llegar a su contenido de humedad ideal para que el grano se pueda almacenar.

#### Amaranto



**Figura 5. 6.** Comparación de secado en el Amaranto

De manera similar a la experimentación con la Quinoa, se realizó con el Amaranto, con una muestra de 200gr, determinando una reducción de tiempo de aproximadamente 3 horas, lo que hace idónea a la máquina para un proceso de secado y se pudo cumplir con el objetivo de reducir el tiempo de secado de estos dos tipos de granos.

## 6 ANÁLISIS ECONÓMICO

### 6.1 Costo Directo

Aquí se encuentran reflejados los costos de todos y cada uno de los materiales, equipos, accesorios materias primas e insumos que de manera directa intervienen en la construcción de la máquina.

#### Materiales

Para la construcción del sistema de secado de Quinoa y Amaranto, se requiere de un colector solar de placa plana mismo que cumple la función de calentar el aire, un horno que será el contenedor, una parte eléctrica que funciona como sistema auxiliar de calentamiento y una parte electrónica que permite el control de ambiente dentro del colector y la cámara de secado.

**Tabla 6. 1.** Elementos Mecánicos.

Ítem	Cant	Descripción	V. unitario	V. total
1	1	Horno chef acero inoxidable con visualizador	220,00	220,00
2	1	Plancha galvanizada (1mm x 1219 x 2219 mm)	15,00	15,00
3	1	Tubo cuadrado (20 mm x 2.0 mm)	8,00	8,00
4	½	Plancha de acero inoxidable (1mm x 1220 x 2440 mm)	5,00	5,00
5	1	Platina de acero galvanizado de 1/8" x 0.78	5,00	5,00
6	8	Pernos de cabeza hexagonal de 1/8" hilo fino	0,30	2,40
7	8	Tuercas tipo mariposa de 1/8"	0,32	2,48
8	2	Malla de acero inoxidable 60 micras	16,00	32,00
9	2	Malla de aluminio 50/90	4,85	9,70

10	1	Cinta perforada ¾ x 3M	2,33	2,33	
11	1	Disco C/Metal Norton 4.5x11/6	1,23	1,23	
12	1	Caja de remaches Pop 5/32x ½	0,01	5,00	
13	4	Brocas de hierro 5/32" (4mm)	0,47	1,88	
14	1	Fragua 1/10 HP 2"	3,89	39,89	
15	1	Reducción PVC 2 a 1" Blanco	0,45	0,45	
16	1	Fibra de vidrio 375x 2Lx1.2 A	3,19	3,19	
17	1	Lana de vidrio	6,00	6,00	
18	1	Litro de pintura Esmalte Negro Mate	6,00	6,00	
19	2	Latas poliuretano	6,15	12,30	
20	1	Vidrio claro Flotado 120x80	15	15	
21	¼	Plancha mica 4mm	5,00	5,00	
22	1	Lata de pintura spray negra	2,50	2,50	
23	1	Lata de pintura spray plateado	3,00	3,00	
24	1	Lata de pintura spray azul	2,50	2,50	
25	2	Mts. Empaque delgado	2,50	5,00	
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>					
				Neto	405,85
				I.V.A12%	48,702
				<b>Total</b>	<b>454,55</b>

**Nota:** Tabla presupuestaria de materiales para la construcción de las partes mecánicas de la máquina.



**Tabla 6. 2.** Elementos Eléctricos y Electrónicos.

Ítem	Cant	Descripción	V. unitario	V. total
1	2	Controlador Temperatura 0-1200°C CAMSCO Rex-C700	36,87	73,73
2	1	LS. Contactor GMC22- 22 A-110V	23,73	23,73
3	1	LS. Contactor GMC32-32 A -110V	33,50	33,50
4	1	Pulsador CSC 22MM Rojo	1,79	1,79
5	2	Selector de 2 Posiciones 22MM	2,42	4,84
6	1	Luz piloto Roja 22MM	1,61	1,61
7	1	Luz piloto Verde 22MM	1,61	1,61
8	2	Mts. Cable Flexible N° 16 AWG	0,22	0,44
9	2	Breaker P/Riel DIN 1P 32 AMP	4,28	8,55
10	1	Barra de tierra neutro	1,83	1,83
11	6	Mts. Cable Solido N° 10 AWG INCABLE	0,52	3,10
12	6	Mts. Cable Flexible N° 10 AWG INCABLE	0,60	3,60
13	1	Estufa de inducción 1800W	25,32	25,32
14	8	Conectores tipo banana Macho/Hembra- 12V-110V	0,25	2,00
15	8	Terminales para cable N° 12 AWG	0,10	0,80
16	8	Terminales para cable N° 10 AWG	0,12	0,96
17	2	Termocupla tipo J 0-700 °C	5,90	11,80
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			Neto	199,21
			I.V.A12%	23,90
			<b>Total</b>	<b>223,11</b>

**Nota:** Tabla de presupuesto de materiales eléctricos y electrónicos.

**Tabla 6. 3.** Costos totales de los materiales empleados en la construcción del secador solar.

Ítem	Descripción	V.Unitario	V.Total
1	Elementos Mecánicos.	454,55	454,55
2	Elementos Eléctricos y Electrónicos.	223,11	223,11
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			
		Neto	677,66
		<b>Total</b>	<b>677,66</b>

**Nota:** Tabla de inversión global de la construcción del secador solar.

### Mano de obra directa

La mano de obra directa es aquella que interviene de manera personal en el proceso de construcción, refiriendo de manera específica a los técnicos, maestros y obreros que se emplearon para la elaboración del secador solar.

**Tabla 6. 4.** Costos de mano de obra Directa

Ítem	Cant	Descripción	Días	C .Día	C.Total
1	1	Maestro Metal Mecánico	4	15,00	60,00
2	1	Dobladora de tol	½	5,00	5,00
3	1	Maestro Vidriero	2	16,00	32,00
4	1	Transporte de estructura hacia la universidad	¼	8,00	8,00
5	1	Ing. Diseñador Gráfico	1	10,00	10,00
6	1	Transporte de máquina hacia el campus Salache	¼	8,00	8,00
7	1	Maestro soldador de acero inoxidable	2	15,00	30,00
8	1	Suelda de punto	1	15,00	15,00
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>				Neto	168
				I.V.A 12%	20,16
				<b>Total</b>	<b>188,16</b>

**Nota:** Tabla de gastos inmersos en mano de obra directa.

### 6.2 Costos Indirectos

Comprende aquellos materiales que se consumen en el uso, y que son utilizados dentro de la elaboración del proyecto.

**Tabla 6. 5.** Costo de materiales y accesorios indirectos utilizados en la valoración del proyecto.

Ítem	Cant	Descripción	Días	C .Día	C.Total
1	1	Transporte para experimentación	8	10	80
2	8	Pagos del peaje	8	2	16
3	10	Kg. De material a ser secado	1	10	10
4	1	Alimentación	60	2,50	150
5	5	Manzanas para deshidratar	1	0,2	1
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>				Neto	257
				I.V.A 12%	30,84
				<b>Total</b>	<b>287,84</b>

**Nota:** Tabla representativa de gastos de experimentación.

### 6.3 Costos Fungibles

Comprende aquellos materiales que se consumen con el uso, y que son empleados dentro de la construcción del proyecto.

**Tabla 6. 6.** Costo de materiales fungibles

Ítem	Cant	Descripción	V.Unitario	V.Total
1	2	Litros de Thinner	1,25	2,50
2	1	Rollo pequeño de maskin 3M	1,50	1,50
3	2	Libras de guaípe	1,00	2,00
4	1	Electrodos 60/11 especial 25/32	3,50	3,50
5	1	Alcohol antiséptico	0,90	0,90
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>			Neto	10,40
			I.V.A 12%	1,24
			<b>Total</b>	<b>11,64</b>

**Nota:** Tabla representativa de materiales fungibles.

### 6.4 Imprevistos

Se considera aquellos costos urgentes no programados y se asume un 10% del costo del proyecto.

**Tabla 6. 7.** Costos de Imprevistos

Ítem	Cant	Descripción	V.Unitario	10% del costo total
1	1	Costo del Proyecto	1165,3	116,53
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>				
			Neto	116,53
			I.V.A 12%	13,98
			<b>Total</b>	<b>130,51</b>

**Nota:** Tabla representativa de gastos imprevistos.

### 6.5 Costo total del proyecto

Es la suma de todos los costos determinados anteriormente.

**Tabla 6. 8.** Costo Total del Proyecto

Ítem	Descripción	V.Unitario	V. Total
1	Materiales Directos	677,66	677,66
2	Mano de Obra Directa	188,16	188,16
3	Materiales Indirectos	287,84	287,84
4	Materiales Fungibles	11,64	11,64
5	Imprevistos	130,51	130,51
<b>UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI</b>		Neto	1295,81
		<b>Total</b>	<b>1295,81</b>

**Nota:** Tabla representativa de costo total del secador solar de Quinua y Amaranto.

## 6.6 Flujo de caja anual

En el cálculo TIR-VAN, se evidencia la viabilidad del proyecto.

**Tabla 6. 9.** Flujo de caja anual

	Años					
	-	1	2	3	4	5
Ingresos		2.800,00	3.080,00	3.388,00	3.726,80	4.099,48
(-)Costos de producción		2.270,62	2.497,68	2.747,45	3.022,20	3.324,41
=Utilidad Bruta en ventas		529,38	582,32	640,55	704,60	775,07
(-)Gastos Operacionales			-	-	-	-
(-)Depreciación		317,00	317,00	317,00	317,00	317,00
=Utilidad Operacional (UAI)		212,38	265,32	323,55	387,60	458,07
(-)Intereses (aparece si hay préstamos)						
(=)Utilidad antes de impuestos		212,38	265,32	323,55	387,60	458,07
(-)Impuestos		78,58	98,17	119,71	143,41	169,48
(=)Utilida Neta		133,80	167,15	203,84	244,19	288,58
(+)Depreciación		317,00	317,00	317,00	317,00	317,00
Inversión Inicial (año 0) valor en negativo	(1295,81)					
Préstamos (año 0) (+)						
Amortización del préstamo (-)						
<b>CASH FLOW (FLUJO EFECTIVO)</b>	<b>(1295,81)</b>	<b>450,80</b>	<b>484,15</b>	<b>520,84</b>	<b>561,19</b>	<b>605,58</b>
					TMAR=	0,0579
					VAN=	\$ 820,29
					TIR=	24%

**Nota:** Calculo TIR-VAN.

## **6.7 Análisis de Impactos**

### **Impacto Práctico:**

El secador a base de energía solar, genera aire caliente captado por el colector mismo que se emplea para el secado de granos en este caso de Quinoa y Amaranto, reduciendo su contenido de humedad y prolongando así la vida útil de los mismos sin alterar sus nutrientes.

### **Impacto tecnológico:**

El aporte tecnológico del proyecto, se basa en el aprovechamiento de la energía solar en este caso la radiación absorbida por el colector y por medio de circulación forzada llevada hacia el interior de la cámara de secado, con el objetivo de elevar la eficiencia en el secado, posee un sistema auxiliar eléctrico mismo que permite mantener un flujo continuo de calor cuando las condiciones ambientales no permiten que el sol incida en el colector, siendo una máquina con un sistema híbrido, de esta manera se busca incentivar al desarrollo y aprovechamiento de energía sustentable y tecnificar el secado de granos.

### **Impacto Ambiental:**

El secador, busca utilizar la mayor cantidad de energía solar posible, aprovechando la radiación que incide en el colector transformándola en energía calorífica, emanando una menor cantidad de gases de efecto invernadero y reduciendo el consumo de otras fuentes de calor (gas, eléctrica), la acción del sistema auxiliar eléctrico únicamente será cuando las condiciones climáticas sean adversas, de esta manera no provoca un impacto negativo a la flora y fauna del lugar donde será instalado. El colector, parte importante en la captación de radiación solar cuenta además con un sistema auxiliar eléctrico para dotar al proceso de un flujo continuo de calor cuando las condiciones ambientales sean adversas, permitiendo así tecnificar el proceso de secado de estos granos para su posterior utilización, fomentando el uso de energía renovable y mejoramiento en el procesamiento de estos granos autóctonos de la zona.

### **Impacto Económico**

A diferencia de máquinas similares existentes en el mercado, el precio de esta maquinaria es accesible y al cumplir diversas funciones no solo como secadora sino también como deshidratador es multifuncional, al observar la tasa interna de retorno (TIR), se tiene un 24% de ingresos por uso de la máquina, lo que indica que es rentable el desarrollo del proyecto.

## 7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 7.1 Conclusiones

- ✓ Las propiedades físicas obtenidas para la Quinua y el Amaranto son las siguientes: su tamaño va de 1,36 a 2,66 mm, con un contenido de humedad de 25% en el caso de la Quinua y el tamaño del Amaranto 0,9 a 1,7 mm, con un contenido de humedad de 18%, pero el tamaño de los granos, tanto de Quinua como de Amaranto de acorde con las medidas mostradas, no son las mismas puesto que se evidenció que algunos granos poseen la mitad de su tamaño nominal, lo que dificultó determinar la medida de tamiz de acero inoxidable para el secado de las mismas puesto que se había considerado un tamiz de 40 micras, pero debido a los problemas antes mencionados, se implementó uno de 60 micras, dando el resultado deseado.
- ✓ Por medio de diferentes investigaciones se pudo implementar el secador de flujo continuo a base de energía solar, y un apoyo eléctrico en caso de no ser favorables las condiciones climáticas del sitio, siendo sus componentes principales 4 bandejas de  $0,1575 m^2$ , con capacidad de  $1kg$  por cada bandeja de acero inoxidable.
- ✓ Para obtener el calor necesario para secado de Quinua y Amaranto y haber experimentado con diferentes sistemas de colectores, se determinó el construir un colector solar de placa plana de Acero galvanizado pintado de negro mate con un área de captación  $0,96m^2$ .
- ✓ En cuanto a los instrumentos de control, previo a un análisis en diferentes catálogos se optó por emplear un controlador de temperatura REX C700, con una capacidad de lectura de 0 a 1200 grados centígrados, el cual permite emplear diferentes tipos de termocuplas, en este caso se empleó dos termocuplas tipo J, las cuales resultan ser idóneas para manejar las temperaturas del sistema.
- ✓ Los costos en la implementación de la máquina, incluyen los materiales, mano de obra directa, costos indirectos, gastos fungibles e imprevistos, se determina un valor total de 1295,81 \$, costo que a relación de máquinas similares disponibles en el mercado resulta ser accesible.

## 7.2 Recomendaciones

- ✓ Al momento de realizar el secado por medio de la resistencia eléctrica, recordar que debe trabajar el suministro de aire, debido a que, al ser una fuente de calor constante, el aire caliente tarda más en subir a la superficie de la cámara, lo que puede dañar el grano o incluso tostarlo.
- ✓ Al momento de someter al secado de la Quinua, establecer primero su uso posterior, puesto que la Quinua lavada, no será útil para este proceso, debido a que pierde sus propiedades de germinación.
- ✓ En el secado de amaranto, procurar un correcto trillado, para evitar la presencia de impurezas o residuos de panoja dentro de la cámara de secado ya que se pueden quemar con la resistencia eléctrica, y contaminar al grano.
- ✓ Monitorear los granos durante el proceso de secado, por medio de una balanza o un medidor de humedad, hasta llegar a su peso idóneo o humedad de equilibrio, para así evitar la deshidratación completa y causar un daño al grano.
- ✓ El secador al ser desarmable y transportable, tiende a ensuciarse de manera periódica, por lo que se recomienda una continua limpieza, tanto en el interior y exterior de la cámara de secado, el colector, el vidrio del colector, la placa absorbente y el tablero de control.



---

Stalin Fabian Alvarez Amores  
Proponente 1  
Email: stalin.alvarez5@utc.edu.ec  
Telf.: 0985444142



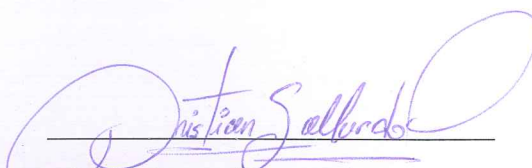
---

Luigi Ricardo Guano Rengifo  
Proponente 2  
Email: luigi.guano6@utc.edu.ec  
Telf.: 0983763477



---

Ph.D Enrique Torres Tamayo Ing  
Tutor 1  
Email: enrique.torres@utc.edu.ec  
Telf.: 0987800156



---

Ms.C Cristian Fabian Gallardo Molina  
Tutor 2  
Email: cristian.gallardo@utc.edu.ec  
Telf.: 0984698851



## 8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] UTC, «Universidad Técnica de Cotopaxi,» UTC, 23 Junio 2016. [En línea]. Available: <http://www.utc.edu.ec/investigacion/granos>. [Último acceso: 29 Junio 2018].
- [2] J. Siguencia, «Censalud,» 10 05 2013. [En línea]. Available: [https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/EVALUACION\\_DE\\_UN\\_SECADOR\\_SOLAR\\_INCLINADO.....pdf](https://censalud.ues.edu.sv/CDOC-Deployment/documentos/EVALUACION_DE_UN_SECADOR_SOLAR_INCLINADO.....pdf).
- [3] FAO, «La Quinoa,» *La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria global*, vol. 1, nº 1, p. 1, 2011.
- [4] D. Roa , V. Ortiz y M. Tolaba, «SciELO,» 10 Junio 2017. [En línea]. Available: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1692-35612017000100014&lang=pt](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612017000100014&lang=pt). [Último acceso: 2018 Abril 18].
- [5] M. Echeverría, Manual de uso de secaderos solares para frutas, hortalizas, plantas medicinales y carnes, Montevideo: UNESCO, 2006.
- [6] Boris.A, «Cuba solar,» Cuba solar, 16 Marzo 2015. [En línea]. Available: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/Energia/Energia71/HTML/Articulo07.htm>. [Último acceso: 29 Noviembre 2017].
- [7] D. D. C, Secado de granos y secadoras, Santiago de Chile: Fao, 1996.
- [8] M. J, Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural, Santiago de Chile: OFICINA REGIONAL DE LA FAO PARA AMERICA LATINA Y EL CARIBE, 1993.
- [9] M. Souza, «I Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais,» *Cinética de secagem do caju*, pp. 52-57, 2005.
- [10] A. Machado, «Estudio del Secado de Anacardo,» *Información Tecnológica* , pp. 31-37, 2010.
- [11] D. Yannuzi, Secado, Chile: XRE, 2013, p. 20.

- [12] J. Espinoza, «Innovación en el deshidratado solar,» vol. 24, n° 718, 2016.
- [13] M. d. S. Garcia Valverde, «DISEÑO DE UN SECADOR DE BANDEJAS PARA EL SECADO DE MAÍZ, QUINUA Y AMARANTO PARA LA HACIENDA SAN JORGE,» *Tesis ESPOCH*, pp. 40-42, 2013.
- [14] FAO, «Quinua Operaciones y Poscosecha,» FAO, 2016. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/3/a-ar364s.pdf>. [Último acceso: 2019 Mayo 16].
- [15] E. Peralta, E. Villacres, N. Mazón y M. Rivera, «academoa,» Julio 2011. [En línea]. Available: [https://www.academia.edu/17310156/normas\\_de\\_calidad\\_del\\_amaranto](https://www.academia.edu/17310156/normas_de_calidad_del_amaranto). [Último acceso: 16 Mayo 2019].
- [16] H. E. Trujillo Vaca, «Repositorio UTN,» Marzo 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6767/1/03%20EIA%20431%20TRA%20BAJO%20DE%20GRADO%20.pdf>. [Último acceso: 22 Mayo 2019].
- [17] J. De la Torre Moreno y M. Portilla Herrera, «Repositorio ESPE,» 2015. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11459/1/T-ESPE-049184.pdf>. [Último acceso: 31 Mayo 2019].
- [18] B. Cedeño Paladines y L. Lopez Duran, *Implementación de un deshidratador solar de Cacao por medio de colectores solares*, Latacunga, 2018.
- [19] I. E. d. Normalización, «Inmobiliaria DJA,» 06 Abril 2011. [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-14-energic3adas-renovables-021412.pdf>. [Último acceso: 06 Junio 2019].
- [20] Weatherspark, «Weather Spark,» enero 2019. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com>. [Último acceso: 5 febrero 2019].
- [21] W. Spark, «Weather Spark,» Weather Spark, 16 Enero 2019. [En línea]. Available: <https://es.weatherspark.com/y/20034/Clima-promedio-en-Latacunga-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>. [Último acceso: 14 Mayo 2019].
- [22] Norma Ecuatoriana de la Construcción, «Inmobiliaria dja,» 12 Julio 2018. [En línea]. Available: <https://inmobiliariadja.files.wordpress.com/2016/09/nec2011-cap-13->

eficiencia-energ3a9tica-en-la-construccic3b3n-en-ecuador-021412.pdf.[Último acceso: 14 Mayo2019].

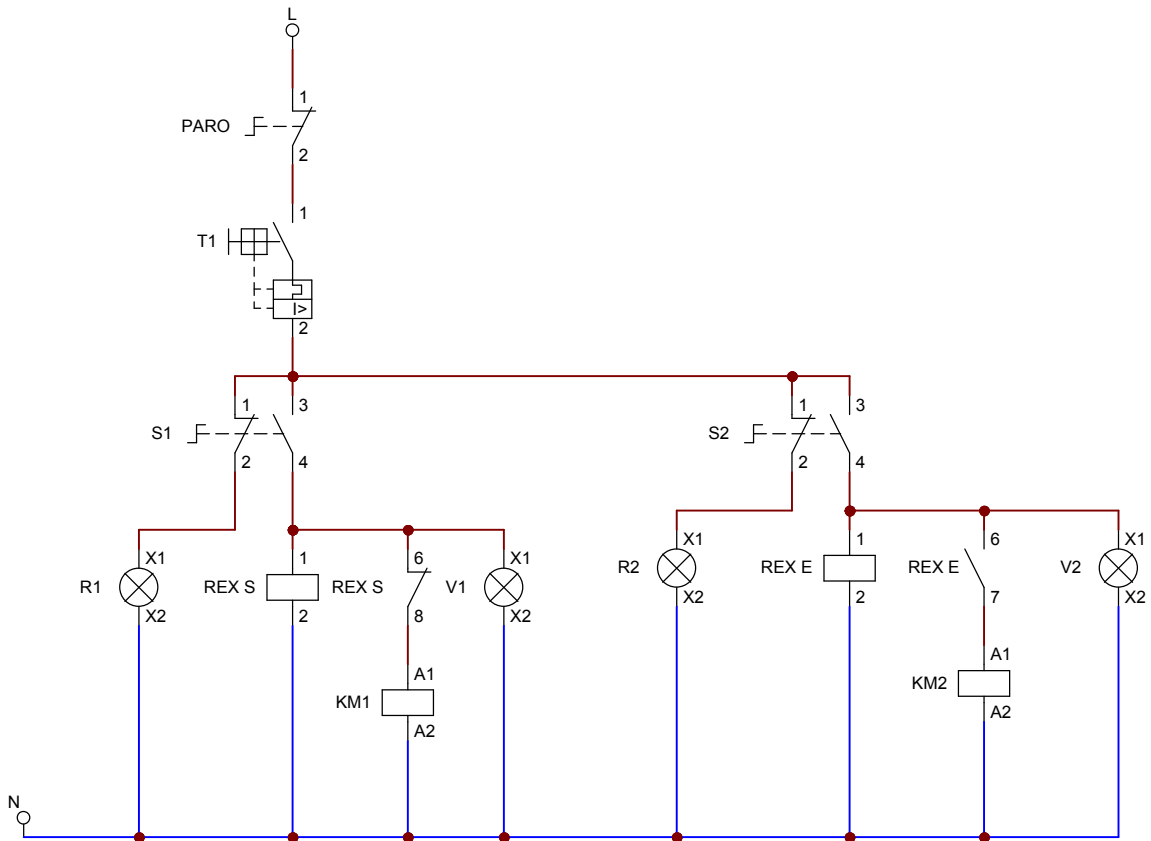
- [23] L. E. Gacía, M. F. Mejía, D. J. Mejía y C. A. Valencia, «UNILIBRE,» 10 Diciembre 2012. [En línea]. Available: [http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/Avances\\_9-2/r9-2\\_art1.pdf](http://www.unilibre.edu.co/revistaavances/Avances_9-2/r9-2_art1.pdf). [Último acceso: 06 06 2019].
- [24] Rodriguez.J, «Horizon,» 2005. [En línea]. Available: [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers17-11/010037006.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers17-11/010037006.pdf). [Último acceso: 14 Mayo 2019].
- [25] D. Roa, C. Gonzáles y Y. Calderon , «Scielo,» Junio 2017. [En línea]. Available: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe/v15nspea07.pdf>. [Último acceso: 14 Mayo 2019].
- [26] A. Mena Reinoso y J. Tuapanta Dacto, «ANÁLISIS COMPARATIVO DE SECADORES DE QUINUA,SECADOR DE BANDEJAS, SOLAR Y TIPO INVERNADERO,» *Descubre*, n° 3232-12, pp. 62-74, 2017.
- [27] F. Chipugsi Calero, «Repositorio ESPE,» Agosto 2014. [En línea]. Available: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8819/2/T-ESPEL-EMI-0262-P.pdf>. [Último acceso: 23 Mayo 2019].
- [28] NEC, «Norma Ecuatoriana de la Construcción,» Ministerio de Desarrollo Urbano y Vivienda (MIDUVI), Quito, 2018.
- [29] Slide Player, «Slide Player,» 12 Febrero 2014. [En línea]. Available: <https://slideplayer.es/slide/17919/>. [Último acceso: 7 Junio 2019].
- [30] SIEMENS, «Aclaraciones respecto l uso y selección de un Contactor,» 19 Marzo 2014. [En línea]. Available: <https://www.industry.siemens.com/topics/aan/es/hotline/Documents/1/2014.pdf>. [Último acceso: 9 Junio 2019].
- [31] Ingenieria Mecafenix, «Sensor de temperatura Termopar,» 22 Abril 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/sensor-temperatura->

termopar/. [Último acceso: 9 Junio 2019].

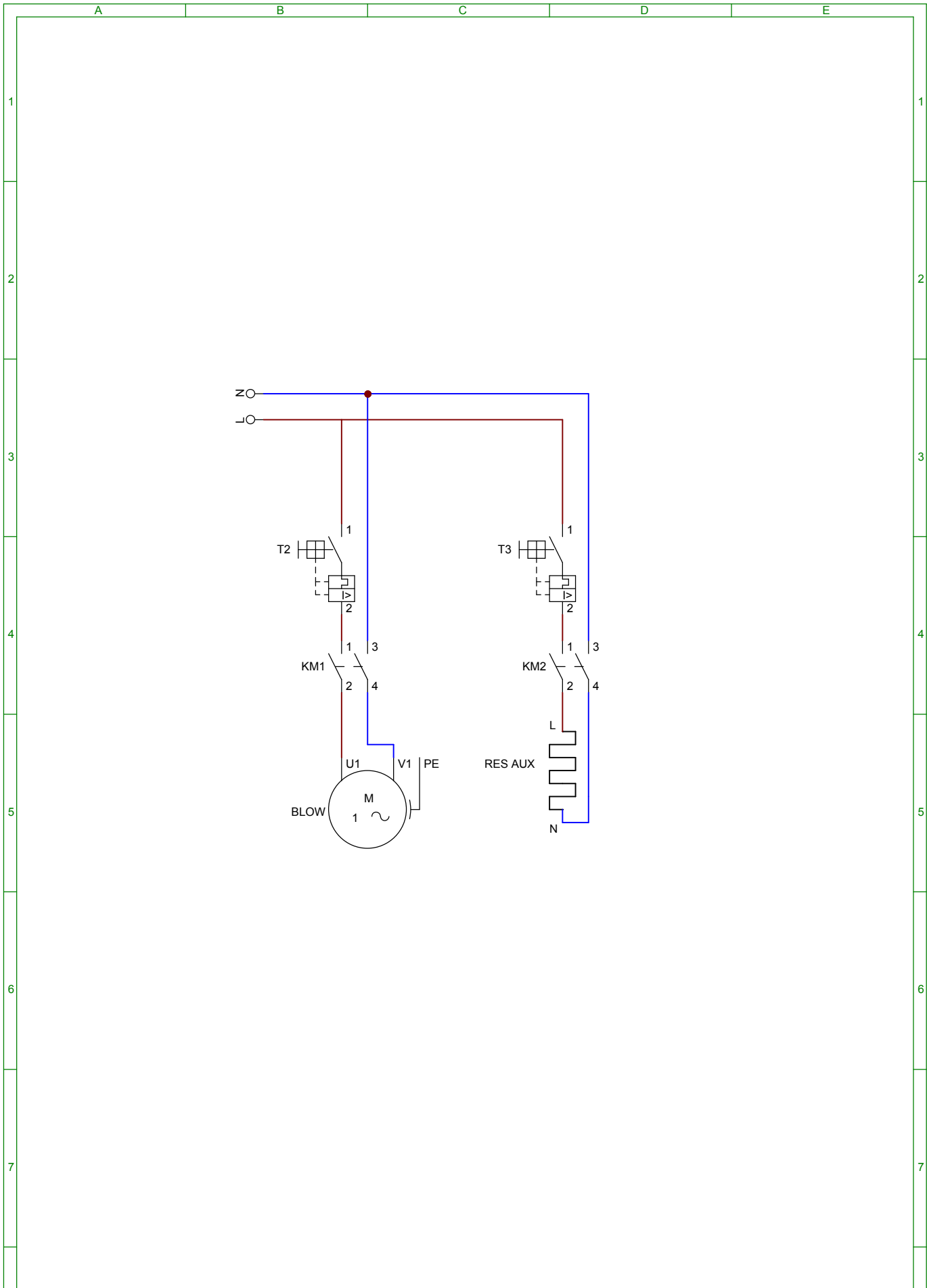
- [32] N. E. D. L. CONSTRUCCIÓN, *NEC-SB-IE (INSTALACIONES ELÉCTRICAS)*, Quito, 2018.

**Planos  
Constructivos del  
Secador Solar de  
Quinua y  
Amaranto**

# Diagrama de conexión del sistema



	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado	09/07/2019	ALV; GUA	UTC
Comprobado	09/07/19	ING. TORRES	
Fecha: 09/07/19	Título		Núm: 001 de 002
<b>CIRCUITO DE CONTROL</b>			Archivo: SECADOR SOLAR

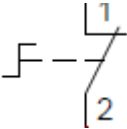
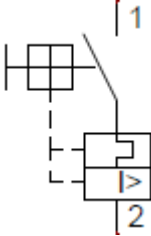
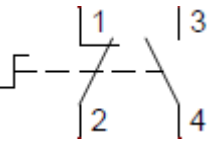
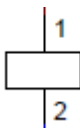
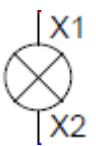

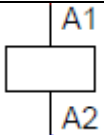


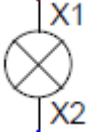
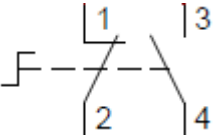
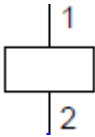
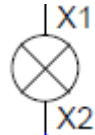
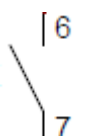
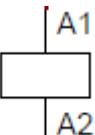
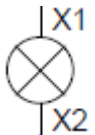
	Fecha	Nombre Firmas	Entidad
Dibujado	09/07/19	ALV; GUA	UTC
Comprobado	09/07/19	ING. TORRES	
Fecha: 09/07/19	Título		Núm: 002 de 002
<b>CIRCUITO DE POTENCIA</b>			Archivo: SECADOR SOLAR



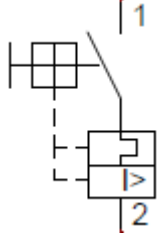
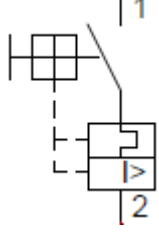
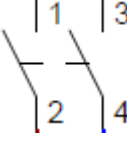
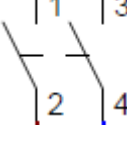
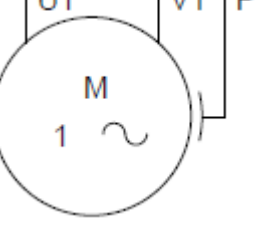
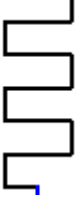
## Símbolos y descripción del proceso de control de secado

### Circuito de control

Símbolo	Identificativo	Descripción	Función
	PARO	Botón de paro de emergencia.	Desconexión del circuito por medio de un pulso, cuando exista una situación de emergencia por medio de la apertura de su contacto normalmente cerrado.
	T1	Termomagnético 1 20 A	Proteger al tablero de control en caso de existir una sobretensión.
	S1	Selector 1	Encender o apagar el controlador de temperatura y la luz piloto de señalización 1 de color rojo.
	REX S	Controlador REX C-700 para control del generador de aire en el colector solar.	Apertura o cierre de sus contactos de acuerdo a la señal digitada por el usuario y una señal censada por la termocupla.
	R1	Luz piloto 1 de señalización de color rojo.	Dar aviso al usuario, cuando el controlador REX C-700 para control solar, está apagado, cuando esta luz se encuentre encendida.
	REX S	Circuito normalmente cerrado existente en el controlador REX C-700 para control solar.	Mantener cerrado el circuito mientras el controlador detecte una temperatura por medio de una termocupla tipo J, superior a la programada.
	KM1	Contacto 1 AC3	Enclavarse o desenclavarse por medio de la señal emitida por la apertura o cierre del controlador para

			activar o desactivar el generador de aire.
	V1	Luz piloto de señalización 1 de color verde.	Dar señal de activación del control solar por medio del encendido de su luz.
	S2	Selector 2	Encender o apagar el controlador de temperatura y la luz piloto de señalización 2 de color rojo.
	REX E	Controlador REX C-700 para control de la resistencia eléctrica auxiliar.	Apertura o cierre de sus contactos de acuerdo a la señal digitada por el usuario y una señal censada por la termocupla.
	R2	Luz piloto 2 de señalización de color rojo.	Dar aviso al usuario, cuando el controlador REX C-700 para control de la resistencia eléctrica auxiliar está apagado, cuando esta luz se encuentre encendida.
	REX E	Circuito normalmente abierto existente en el controlador REX C-700 para control eléctrico.	Mantener abierto el circuito mientras el controlador detecte una temperatura por medio de una termocupla tipo J, superior a la programada.
	KM2	Contactor 2 AC1	Enclavarse o desenclavarse por medio de la señal emitida por la apertura o cierre del controlador para activar o desactivar la resistencia eléctrica auxiliar.
	V2	Luz piloto de señalización 1 de color verde.	Dar señal de activación del control de la resistencia eléctrica, por medio del encendido de su luz.

## Circuito de potencia

Símbolo	Identificativo	Descripción	Función
	T2	Termomagnético 2 25 A	Proteger al generador de aire, en caso de existir una sobretensión.
	T3	Termomagnético 2 40 A	Proteger a la resistencia eléctrica, en caso de existir una sobretensión.
	KM1	Contactos del contactor 1.	Activación o desactivación del generador de aire de acuerdo a la señal del contactor 1.
	KM2	Contactos del contactor 2.	Activación o desactivación de la resistencia eléctrica auxiliar, de acuerdo a la señal del contactor 2.
	BLOW	Generador de aire marca BLOWER. 200 W – 110 V	Inyectar aire al colector solar para que se caliente e ingrese a la cámara de secado.
	RES AUX	Resistencia eléctrica auxiliar. 1800W – 110V	Proveer de calor a la cámara de secado, en el caso de que la temperatura que se encuentra en su interior, sea menor a la programada.

## ANEXO III

### MANUAL DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA SECADORA SOLAR DE QUINUA Y AMARANTO



#### **Introducción.**

El presente manual contiene una detallada descripción de la manera en que puede ser utilizada la máquina secadora de granos, alimentada por energía solar y que incluye un sistema auxiliar eléctrico implementada en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Se pretende que el/los operadores/as conozcan el funcionamiento del equipo de secado para evitar que interrumpan de manera innecesaria el proceso de trabajo, disminuyan la vida útil del equipo o atenten contra su propia integridad.

El documento consta de especificaciones sobre el secador, sus partes y cada uno de sus componentes, así como también detalla aspectos a tomar en cuenta como precauciones sobre el secador, durabilidad y operación general del equipo.

## **Descripción**

Esta máquina es un secador solar para Quinua y Amaranto que utiliza la radiación emitida por el sol como fuente de energía, que por medio de una circulación forzada de aire conduce este calor hacia el interior de la cámara de secado para así disminuir el contenido de humedad del producto o material a secar, y cuando las condiciones ambientales sean adversas es posible integrar un sistema de calentamiento de apoyo llamado sistema auxiliar eléctrico.

## **Tipo de secador**

Secador solar indirecto.

## **Energía utilizada para su funcionamiento**

Nivel alto de energía solar, flujo de aire controlado, energía eléctrica.

## **Componentes**

1. Colector
2. Cámara de secado
3. Sistema de control del proceso (Termocupla, generador de aire, controlador de temperatura, luces piloto y selector)

## **Fabricante**

Equipo de trabajo previo a la obtención del Título de Ingenieros Electromecánicos.

## **Fecha de implementación**

10 de Julio del 2019

## **Especificaciones**

Las especificaciones del secador comprenden de varios aspectos tales como:

- |                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| ✓ Área del colector         | 0.96 m <sup>2</sup> |
| ✓ Área de la cámara         | 0.25 m <sup>2</sup> |
| ✓ Capacidad de secado       | 4 kg                |
| ✓ Voltaje de funcionamiento | 110 V               |

## **Secador Indirecto**

Los dos elementos están separados. La radiación solar se concentra en la placa del colector y no incide de manera directa en el producto, que se encuentra dentro de la cámara de secado. La circulación del aire caliente hacia el interior de la cámara se realiza mediante un proceso termodinámico llamado convección forzada.

## **Equipo de secado**

Este equipo de secado es completamente portable ya que ocupa poco espacio y es fácil de transportar y debido a esa necesidad este equipo posee de manera básica tres elementos: colector elemento que capta la radiación solar, sistema eléctrico que permite controlar la temperatura el flujo de aire y opera el sistema auxiliar eléctrico y la cámara de secado donde ingresa el aire caliente, el cual remueve la humedad del material a secar.

## **Tipo de circulación**

el aire que circula desde el interior del colector empuja a la temperatura circundante haciendo así que este aire caliente ingrese a la parte interna de la cámara de secado, con el fin de eliminar la humedad presente en el producto a secar, esta circulación es de tipo forzada.

## **Circulación forzada**

El calor que se genera dentro del colector es movido por la circulación de aire mediante un generador (Fragua) mismo que consume energía eléctrica, este tipo de circulación facilita el control del proceso de secado, el flujo de aire debe ser controlado para evitar que se enfríe demasiado rápido en este caso la velocidad de ingreso de aire es de  $0.6 \text{ m/s}$ . La desventaja principal de la circulación forzada es la necesidad de energía eléctrica.

El uso de secadores con aire caliente y sistema forzado, permite acelerar y controlar el proceso de secado, los productos (granos, frutas, hierbas entre otros) llegan a tener un secado adecuado. Las temperaturas recomendadas van en el intervalo de  $30^\circ$  a  $40^\circ \text{ C}$ .

## Manual de operación de secador solar

### Objetivos.

- ✓ Diseñar un manual en base al funcionamiento de la máquina que permita a los usuarios operar de manera fácil el equipo.
- ✓ Mejorar la interacción hombre- máquina para facilitar el proceso de secado.
- ✓ Disminuir acciones que de manera directa pudiesen atentar con la integridad del usuario.

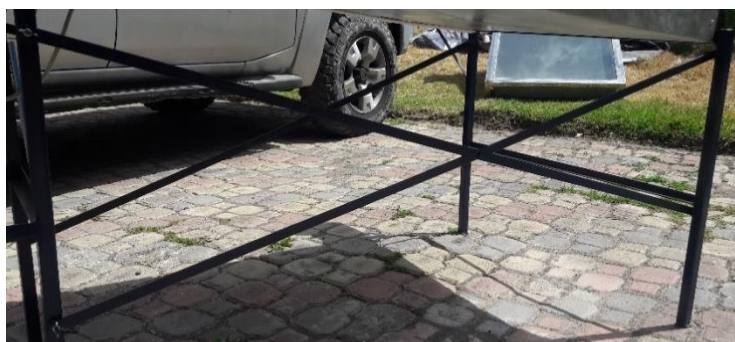
### Operación del Secador Solar.

Procedimiento para el uso.

1. Limpie el colector de manera que el vidrio y el panel de captación estén libres de polvo, así como se debe limpiar el interior de la cámara de secado.



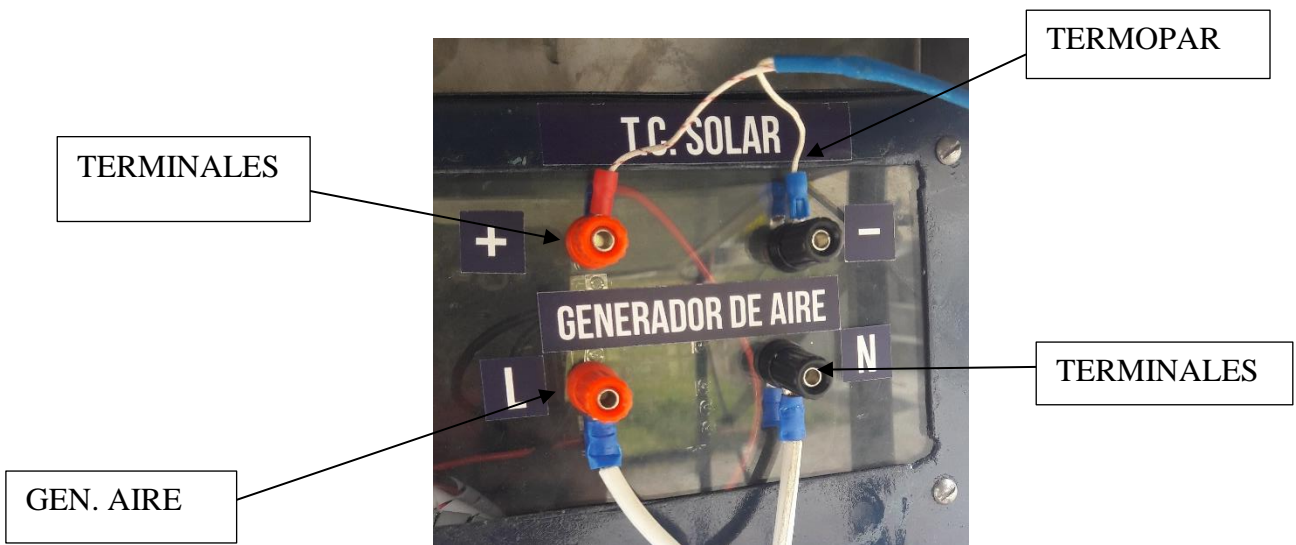
2. Coloque la estructura por medio de las crucetas y fijar con las tuercas tipo mariposa.





3. Ensamble el equipo, empotre el colector a la manga de conexión entre la cámara de secado y el colector.



4. Proceda a conectar los terminales de acuerdo a las denotaciones que se encuentran en la caja de control, conecte el termopar del colector a la parte de control solar, conecte los terminales del generador de aire a los terminales línea y neutro del control solar respectivamente.



 Negativo

 Positivo

5. De igual manera coloque el termopar de la cámara de secado a los terminales de la parte de control eléctrico del sistema auxiliar eléctrico, al igual que los terminales de la resistencia a la parte de control eléctrico.



TERMOPAR



TERMINALES

● Negativo

● Positivo

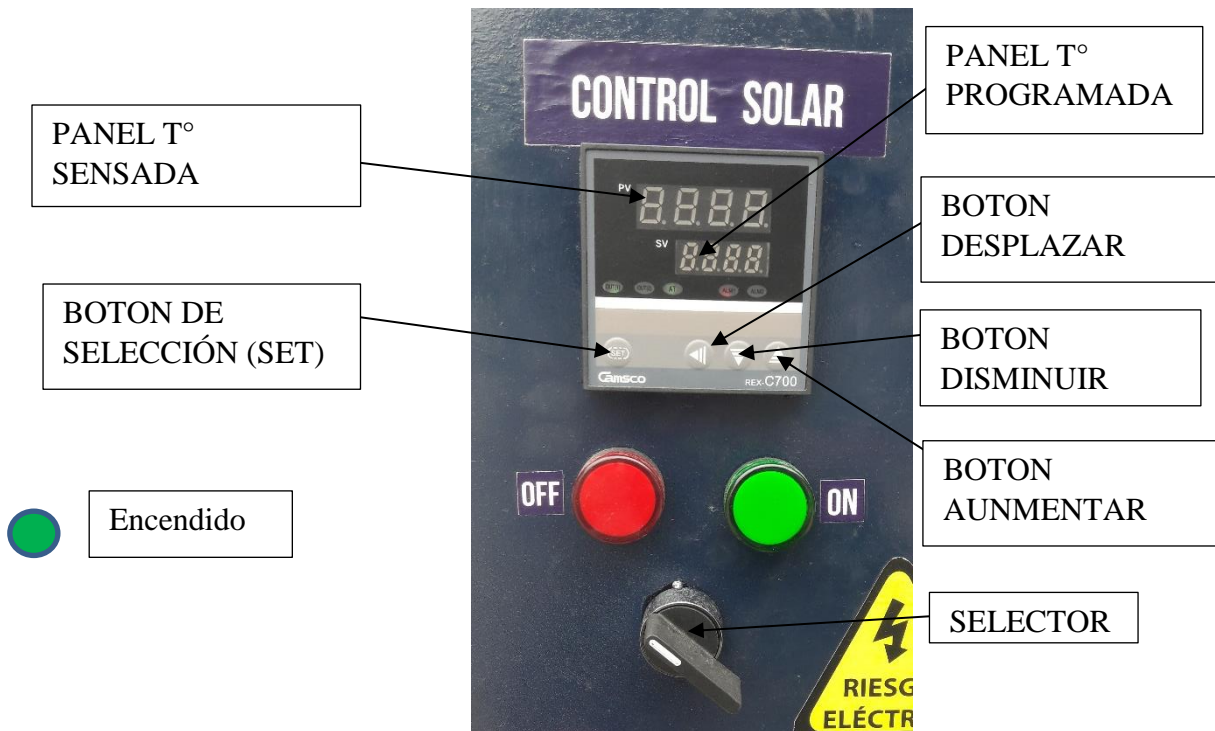
6. Conecte el cable de alimentación a la fuente para que se proceda a energizar el panel de control se visualiza la energización por el encendido de la luz piloto roja.

LUZ ENCENDIDA



CONEXIÓN A FUENTE

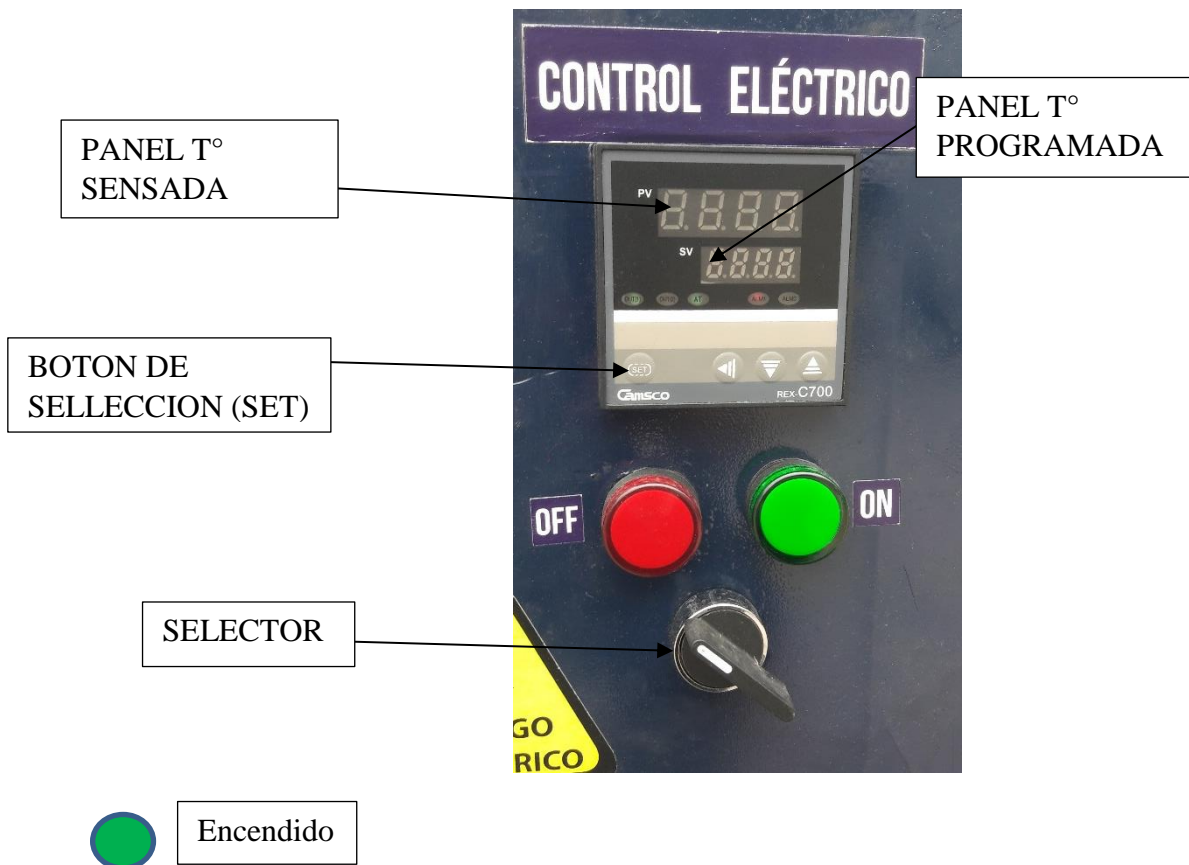
7. Gire el selector de control solar, una vez encendido seleccione la temperatura de operación del control solar, después seleccione la temperatura de operación del sistema eléctrico auxiliar.



Presione durante 5(segundos) en botón (SET), escoja la temperatura a la que va a trabajar, utilice los botones de desplazamiento para programar la temperatura deseada la cual se mostrara en el panel de temperatura programada, en el panel de temperatura de sensor se mostrara el valor censado por la Termocupla.

8. Gire el selector de control eléctrico, una vez encendido seleccione la temperatura de operación del sistema eléctrico auxiliar, presione el botón de selección (SET) programe la temperatura a la cual quiere que se accione el sistema auxiliar, siga el procedimiento anterior para desplazarse por los paneles.

**NOTA:** Prográmelo de tal forma que el equipo trabaje de manera hibrida, ya que si solo trabajase el sistema eléctrico auxiliar podría quemar el producto debido a la falta de disipación de calor.



9. Una vez establecida la temperatura de operación, dejar que la cámara se precaliente para que así en el interior de la cámara de secado se establezca la temperatura, de esta forma la máquina trabajara de manera híbrida.
10. Introduzca las bandejas al interior de la cámara de secado, con el producto a secar.



11. Controle el tiempo del proceso (4 horas).



12. Retirar el producto de las bandejas.



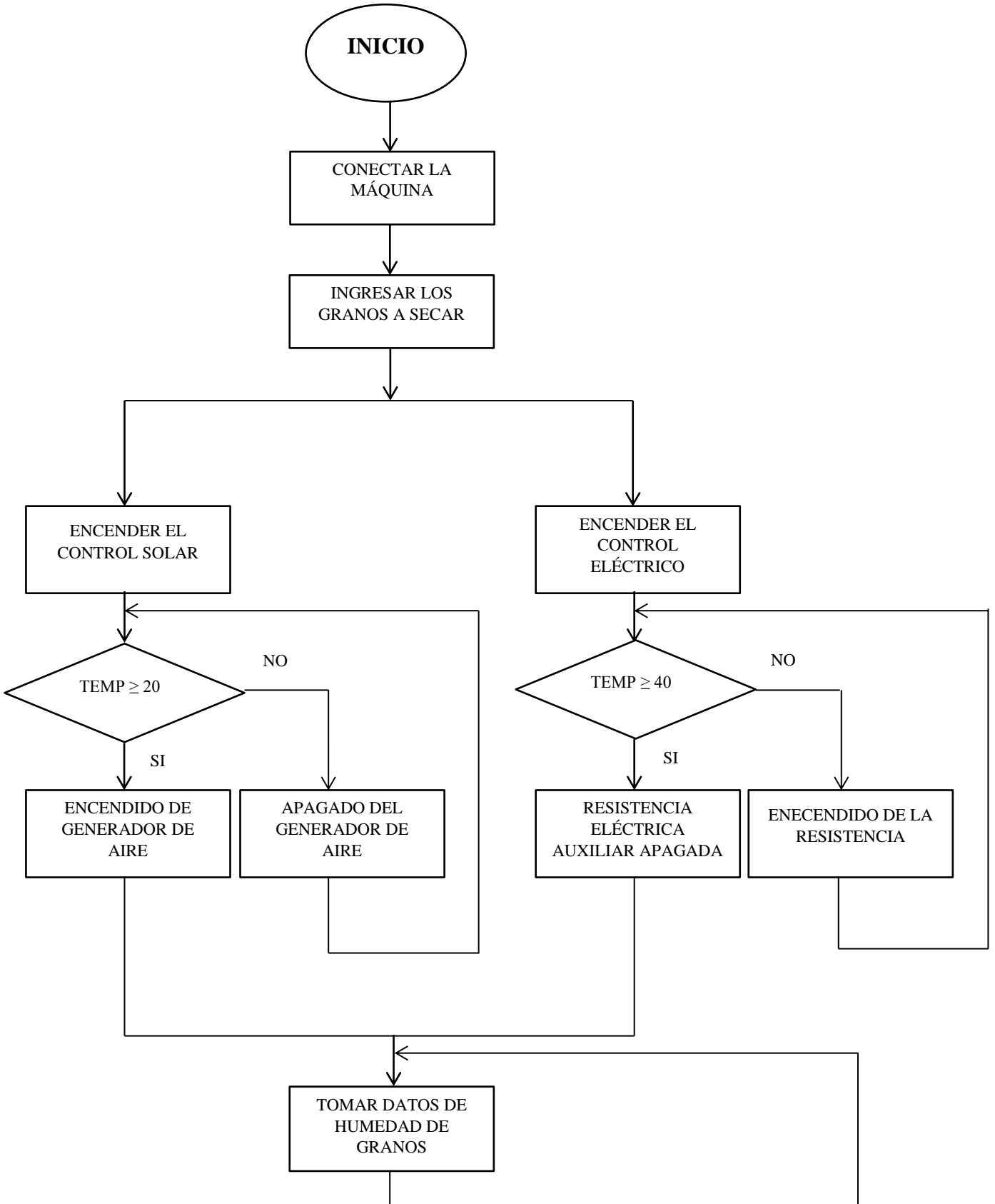
13. Pesar la cantidad de producto deshidratado para cada bandeja.

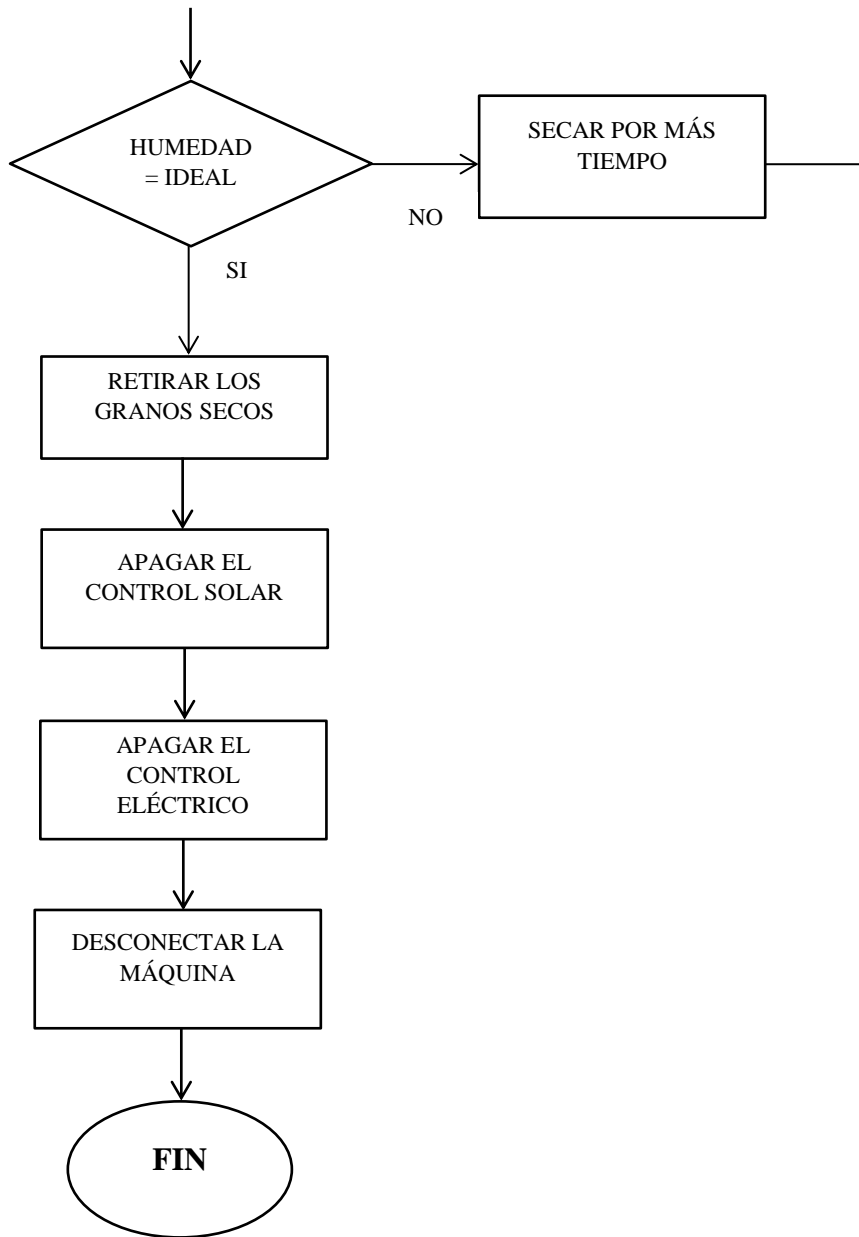


### **Recomendaciones.**

1. Antes y después de utilizar las bandejas realice una limpieza minuciosa para evitar que el producto se contamine.
2. Controlar de manera periódica el proceso de trabajo, las lecturas de los controladores de temperatura para que las corrija si es necesario.
3. Estar atento durante el proceso de trabajo del secador, cuando deba retirar las bandejas tener cuidado ya que podrían estar a temperatura elevada.

# DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE SECADO DE QUIINUA Y AMARANTO





## MANTENIMIENTO DEL SECADOR SOLAR

### **Mantenimiento Diario.**

1. Limpie el vidrio del colector solar, así como el de la cámara de secado.
2. Antes de usar revise cada una de las conexiones para que no tenga inconvenientes.
3. Mantener limpia la cámara de secado para evitar contaminación de producto que será sometido a secado.
4. Una vez terminado el proceso de secado, limpiar el equipo y desmontarlo si lo creyere conveniente.

### **Rutina Periódica (semestral)**

1. Limpie el colector puede realizarlo con ayuda de una franela, para evitar que se raye utiliza materiales libres de limalla, puede hacer circular aire desde la boca del secador para así eliminar el polvo que puede acumularse en su interior.
2. Retire los tornillos de la caja de control y realice un ajuste de los tornillos y terminales de los equipos de control, así como de las conexiones.
3. Por ultimo revise cada uno de los terminales de conexión externa para verificar su estado de ser necesario reemplácelos por unos nuevos.

### **Recomendaciones.**

4. Antes y después de utilizar las bandejas realice una limpieza minuciosa para evitar que el producto se contamine.
5. Controlar de manera periódica el proceso de trabajo, las lecturas de los controladores de temperatura para que las corrija si es necesario.
6. Estar atento durante el proceso de trabajo del secador, cuando deba retirar las bandejas tener cuidado ya que podrían estar a temperatura elevada.



## **MANTENIMIENTO DEL SECADOR SOLAR**

### **Mantenimiento Diario.**

5. Limpie el vidrio del colector solar, así como el de la cámara de secado.
6. Antes de usar revise cada una de las conexiones para que no tenga inconvenientes.
7. Mantener limpia la cámara de secado para evitar contaminación de producto que será sometido a secado.
8. Una vez terminado el proceso de secado, limpiar el equipo y desmontarlo si lo creyere conveniente.

### **Rutina Periódica (semestral)**

4. Limpie el colector puede realizarlo con ayuda de una franela, para evitar que se raye utiliza materiales libres de limalla, puede hacer circular aire desde la boca del secador para así eliminar el polvo que puede acumularse en su interior.
5. Retire los tornillos de la caja de control y realice un ajuste de los tornillos y terminales de los equipos de control, así como de las conexiones.
6. Por ultimo revise cada uno de los terminales de conexión externa para verificar su estado de ser necesario reemplácelos por unos nuevos.

## ANEXO IV

### Tablas de criterios para selección de equipos de secado solar

Aproximación de los valores de coeficiente térmico con los diferentes tipos de secadores.

Approximate Values of ha for Various Drayer Types			
Type	ha	(f-t) Celsius	inlet hot air Temperature °C
Rotary	100-200	Coutercurrent 80-150	200-600
		Cocurrent 100-180	300-600
Flash	200-600	Parallel Flow only : 100-180	400-600
Fluid bed	200-600	50-150	100-600
Spray	20-80 (large five)	Counterflow 80-90	200-300
		Cocurrent 70-170	200-450
Tunnel	200-300	Counterflow 30-60	100-200
		Cocurren 50-70	100-200
Jet flow	h=100-150	30-80	60-150
Conduction	$U$ (lcal/'c $m^2$ )	$t_i - t_m$ °C	
Dram	100-200	50-80	
Agited through Rotary with steam tubes, etc.		50-100	

Fuente: [18]

Secadores acordes a la materia prima y modo de transferencia de calor

Nature of feed	Liquids			Cakes		Free-Flowing Solids					formed solids
	Solution	Slurry	Pastes	Centrifugue	Filter	Powder	Granule	Fragile Crystal	Pallet	fiber	
Convection Dryers											
Belt Conveyer dryer							x	x	x	x	x
Flash dryer				x	x	x	x			x	
fluid bed dryer	x	x		x	x	x	x		x		
Rotary dryer						x	x		x	x	
Spray dryer	x	x	x								
Tray dryer (batch)				x	x	x	x	x	x	x	x
Tray dryer (continuous)				x	x	x	x	x	x	x	
Conduction Dryer											
Drum dryer	x	x	x								
Steam jacket rotary dryer				x	x	x	x		x	x	
steam tube rotary dryer				x	x	x	x		x	x	
tray dryer (batch)				x	x	x	x	x	x	x	x
tray dryer (continuos)				x	x	x	x	x	x	x	

Fuente: [18]

Exposición de solidos al calor

<b>Solids`Exporsures To Heat Conditions</b>					
Dryers	<b>Typical Residence Time Within Dryer</b>				
	0_10	10_30	5_10	10_60	1_6
	(s)	(s)	(min)	(min)	(h)
<b>convection</b>					
Belt conveyor dryer				X	
Flish dryer	X				
Fluid Bed dryer				X	
Rotary Dryer				X	
Spray Dryer		X			
Tray Dryer (batch)					X
Tray Dryer (Continuous)				X	
<b>conduction</b>					
Drum Dryer		X			
Steam jacket rotary dryer				X	
Steam tube rotary dryer				X	
Tray dryer (batch)					X
Tray dryer (continuous)				X	

**Fuente:** [18]

# ANEXO V

## Selección de contactores

### Generalidades

### Contactores

#### Algunas definiciones y comentarios

#### Categorías de empleo para contactores según IEC 60947-4-1

Las categorías de empleo normalizadas fijan los valores de corriente que el contactor debe establecer o cortar.

Dependen:

- De la naturaleza del receptor controlado: motor de jaula o de anillos, resistencias.
- De las condiciones en las que se realicen los cierres y las aperturas: motor lanzado o calado o en curso de arranque, inversión del sentido de la marcha, frenado a contracorriente.

#### Empleo en corriente alterna

##### Categoría AC-1:

Se aplica a todos los aparatos de uso de corriente alterna (receptores), cuyo factor de potencia es al menos igual a 0,95 ( $\cos \phi \geq 0,95$ ).

Ejemplos de utilización: calefacción, distribución.

##### Categoría AC-2

Esta categoría rige el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha "a sacudidas" de los motores de anillos.

- En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal del motor.
- En la apertura, deberá cortar la corriente de arranque, con una tensión igual a la tensión de la red.

##### Categoría AC-3

Se aplica a los motores de jaula en los que el corte se realiza con el motor lanzado.

- En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, que es de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor.
- En la apertura, el contactor corta la corriente nominal absorbida por el motor; en ese momento, la tensión en las bornas de sus polos se acercará al 20% de la tensión de la red. El corte resulta sencillo.

Ejemplos de utilización: todos los motores de jaula habituales: ascensores, escaleras mecánicas, cintas transportadoras, elevadores de cangilones, compresores, bombas, trituradoras, climatizadores, etc.

##### Categoría AC-4

Esta categoría se aplica a las aplicaciones con frenado a contracorriente y marcha "a sacudidas" con motores de jaula o de anillos.

El contactor se cierra bajo un pico de corriente que puede alcanzar de 5 a 7 veces la corriente nominal del motor. Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red. El corte resulta brusco.

Ejemplos de utilización: máquinas de impresión, máquinas de tréfil, elevadores, equipos de la industria metalúrgica.

#### Empleo en corriente continua

##### Categoría DC-1

Se aplica a todos los aparatos de utilización de corriente continua (receptores) cuya constante de tiempo (L/R) es inferior o igual a 1 ms.

##### Categoría DC-3

Esta categoría rige el arranque, el frenado a contracorriente y la marcha "a sacudidas" de los motores de derivación.

Constante de tiempo  $\leq 2$  ms.

- En el cierre, el contactor establece la corriente de arranque, aproximadamente 2,5 veces la corriente nominal del motor.
- En la apertura, deberá cortar 2,5 veces la corriente de arranque, con una tensión igual a la tensión de la red. Una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita y, en consecuencia, puede aumentar su fuerza contra-electromotriz.

El corte resulta difícil.

##### Categoría DC-5

Esta categoría se aplica al arranque, el frenado a contracorriente y la marcha "a sacudidas" de los motores serie.

Constante de tiempo  $\leq 7,5$  ms.

El contactor se cierra bajo un pico de corriente que puede alcanzar 2,5 veces la corriente nominal del motor. Al abrirse, corta esta misma corriente bajo una tensión tan elevada que la velocidad del motor se debilita. Esta tensión puede llegar a ser igual que la tensión de la red.

El corte resulta brusco.

#### Categorías de empleo para contactos y contactores auxiliares según IEC 60947-5-1

#### Empleo en corriente alterna

##### Categoría AC-14 (1)

Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que la potencia absorbida, cuando el electroimán está cerrado, es inferior a 72 VA.

Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores y relés.

##### Categoría AC-15 (1)

Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que la potencia absorbida, cuando el electroimán está cerrado, es inferior a 72 VA.

Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores.

#### Empleo en corriente continua

##### Categoría DC-13 (2)

Se aplica al control de cargas electromagnéticas en las que el tiempo empleado en alcanzar el 95% de la corriente en el régimen establecido ( $T = 0,95$ ) es 6 veces superior a la potencia P absorbida por la carga (con  $P \leq 50$  W).

Ejemplo de utilización: control de bobina de contactores sin resistencia de economía.

(1) Sustituye a la categoría AC-11.

(2) Sustituye a la categoría DC-11.

## ANEXO VI

### Selección de plancha de acero inoxidable

# PLANCHAS ACERO INOXIDABLE

## Norma: AISI 304

### Especificaciones Generales

DESCRIPCIÓN DE ACUERDO A NORMA	JIS	SUS 304
	ASTM	304
	EN	4301

<b>ESPEORES</b>	desde 0,40-1,5mm
-----------------	------------------

<b>DIMENSIONES</b>	1220 x 2440mm (estándar)
	1220 x otros largos (especial)

**ACERO INOXIDABLE**

**Descripción:** Acero inoxidable aleado al cromo y níquel, muy resistente a la corrosión intergranular y a los ataques químicos del medio ambiente. Posee una buena resistencia a la corrosión del agua, ácidos y soluciones alcalinas si se emplea con superficie pulida a espejo. Se la puede encontrar con acabado ASTM 2B y 1.

COMPOSICIÓN QUÍMICA (%)									
C Max	Si Max	Mn	P Max	S Max	Ni	Cr	Mo	Otros	
0,08	1	2	0,04	0,03	8-10,5	18-20	XX	XX	

PROPIEDADES MECÁNICAS						
RESISTENCIA MECÁNICA		PUNTO DE FLUENCIA		Elongación % Min.	PRUEBAS DE DUREZA (MAX)	
Kg/mm <sup>2</sup>	Psi	Kg/mm <sup>2</sup>	Psi		ROCKWELL B	VICKERS
49	69500	18	25500	40	81,7	160

## ANEXO VII

### Selección del tubo estructural



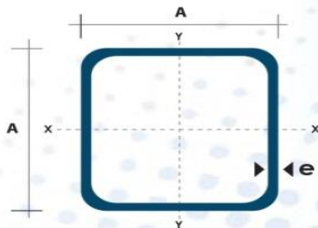
## TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO



### Especificaciones Generales

<b>Calidad</b>	ASTM A-500
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo Normal</b>	6.00 m
<b>Otros Largos</b>	Previa Consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 20.00 mm a 100.00 mm
<b>Espesor</b>	Desde 1.20 mm a 5.00 mm

TUBERÍA



Dimensiones			Área	Ejes X-Xe Y-Y		
A mm	Espesor mm (e)	Peso Kg/m	Área cm <sup>2</sup>	i cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm <sup>3</sup>
20	1.2	0.72	0.90	0.53	0.53	0.77
20	1.5	0.88	1.05	0.58	0.58	0.74
20	2.0	1.15	1.34	0.69	0.69	0.72
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.5	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
25	2.0	1.47	1.74	1.48	1.18	0.92
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.5	1.35	1.65	2.19	1.46	1.15
30	2.0	1.78	2.14	2.71	1.81	1.13
40	1.2	1.47	1.80	4.38	2.19	1.25
40	1.5	1.82	2.25	5.48	2.74	1.56
40	2.0	2.41	2.94	6.93	3.46	1.54
40	3.0	3.54	4.44	10.20	5.10	1.52
50	1.5	2.29	2.85	11.06	4.42	1.97
50	2.0	3.03	3.74	14.13	5.65	1.94
50	3.0	4.48	5.61	21.20	4.48	1.91
60	2.0	3.66	3.74	21.26	7.09	2.39
60	3.0	5.42	6.61	35.06	11.69	2.34
75	2.0	4.52	5.74	50.47	13.46	2.97
75	3.0	6.71	8.41	71.54	19.08	2.92
75	4.0	8.59	10.95	89.98	24.00	2.87
100	2.0	6.17	7.74	122.99	24.60	3.99
100	3.0	9.17	11.41	176.95	35.39	3.94
100	4.0	12.13	14.95	226.09	45.22	3.89
100	5.0	14.40	18.36	270.57	54.11	3.84

## ANEXO VIII

### Selección de la malla

#### Mallas en Acero Inoxidable en Stock

Mesh	Abertura (mm)	Diámetro Hilo (mm)	A. Abierta (%)	Ancho (1mt)	Ancho (1,22mt)
#1	23,40	2,00	85		■
#2	11,10	1,60	76		■
#3	7,07	1,40	70		■
#4	5,62	0,73	78		■
#4	5,20	1,10	78		■
#5	4,18	0,73	66	■	
#6	3,60	1,10	72	■	
#6	3,30	0,90	72	■	■
#7	2,98	0,65	67	■	■
#8	2,98	0,60	55	■	
#9	2,02	0,80	51	■	■
#10	1,95	0,98	60	■	
#12	1,52	0,80	34	■	
#12	1,24	0,60	34	■	
#14	1,31	0,60	52	■	
#16	1,16	0,88	53	■	
#16	1,09	0,50	46	■	■
#18	0,76	0,65	29	■	■
#18	0,96	0,50	46	■	
#20	0,87	0,43	47	■	
#25	0,64	0,45	37		■
#30	0,55	0,40	42	■	
#40	0,40	0,40	40	■	
#50	0,30	0,30	35	■	■
#60	0,24	0,18	33	■	■
#70	0,22	0,14	38	■	
#80	0,20	0,12	39	■	
#90	0,17	0,11	38	■	

**Manual de  
operación del  
controlador  
REX-C700**



Digital Controller

**REX-C100/C400/C410/C700/C900**  
INSTRUCTION MANUAL

IMNZC22-E1

Thank you for purchasing this RKC product. In order to achieve maximum performance and ensure proper operation of your new instrument, carefully read all the instructions in this manual. Please place the manual in a convenient location for easy reference.



**WARNING**

- To prevent injury to persons, damage to instrument and equipment, a suitable external protection device shall be required.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument must be used in accordance with the specifications to prevent fire or damage to instrument and equipment.
- This instrument is not intended for use in locations subject to flammable or explosive gases.
- Do not touch high-voltage connections such as power supply terminals, etc. to avoid electric shock.
- RKC is not responsible if this instrument is repaired, modified or disassembled by other than factory-approved personnel. Malfunction can occur and warranty is void under these conditions.

**CAUTION**

- This product is intended for use with industrial machines, test and measuring equipment. (It is not designed for use with medical equipment and nuclear energy.)
- This is a Class A instrument. In a domestic environment, this instrument may cause radio interference, in which case the user may be required to take additional measures.
- This instrument is protected from electric shock by reinforced insulation. Provide reinforced insulation between the wire for the input signal and the wires for instrument power supply, source of power and loads.
- Be sure to provide an appropriate surge control circuit respectively for the following:
  - If input/output or signal lines within the building are longer than 30 meters.
  - If input/output or signal lines leave the building, regardless the length.
- This instrument is designed for installation in an enclosed instrumentation panel. All high-voltage connections such as power supply terminals must be enclosed in the instrumentation panel to avoid electric shock by operating personnel.
- All precautions described in this manual should be taken to avoid damage to the instrument or equipment.
- All wiring must be in accordance with local codes and regulations.
- All wiring must be completed before power is turned on to prevent electric shock, instrument failure, or incorrect action. The power must be turned off before repairing work for input break and output failure including replacement of sensor, contactor or SSR, and all wiring must be completed before power is turned on again.
- To prevent instrument damage as a result of failure, protect the power line and the input/output lines from high currents with a suitable overcurrent protection device with adequate breaking capacity such as fuse, circuit breaker, etc.
- Prevent metal fragments or lead wire scraps from falling inside instrument case to avoid electric shock, fire or malfunction.
- Tighten each terminal screw to the specified torque found in the manual to avoid electric shock, fire or malfunction.
- For proper operation of this instrument, provide adequate ventilation for heat dispensation.
- Do not connect wires to unused terminals as this will interfere with proper operation of the instrument.
- Turn off the power supply before cleaning the instrument.
- Do not use a volatile solvent such as paint thinner to clean the instrument. Deformation or discoloration will occur. Use a soft, dry cloth to remove stains from the instrument.
- To avoid damage to instrument display, do not rub with an abrasive material or push front panel with a hard object.
- When high alarm with hold action is used for Alarm function, alarm does not turn on while hold action is in operation. Take measures to prevent overheating which may occur if the control device fails.

**NOTICE**

- This manual assumes that the reader has a fundamental knowledge of the principles of electricity, process control, computer technology and communications.
- The figures, diagrams and numeric values used in this manual are only for purpose of illustration.
- RKC is not responsible for any damage or injury that is caused as a result of using this instrument, instrument failure or indirect damage.
- RKC is not responsible for any damage and/or injury resulting from the use of instruments made by imitating this instrument.
- Periodic maintenance is required for safe and proper operation of this instrument. Some components have a limited service life, or characteristics that change over time.
- Every effort has been made to ensure accuracy of all information contained herein. RKC makes no warranty expressed or implied, with respect to the accuracy of the information. The information in this manual is subject to change without prior notice.
- No portion of this document may be reprinted, modified, copied, transmitted, digitized, stored, processed or retrieved through any mechanical, electronic, optical or other means without prior written approval from RKC.

**1. PRODUCT CHECK**

C100	□□□□-□ *□□	C400	□□□□-□□ *□□
	(1)(2) (3) (4) (6)(7)	C410	□□□□-□□ *□□
		C700	□□□□-□□ *□□
		C900	(1)(2) (3) (4)(5) (6)(7)

**(1) Control action**

- F: PID action with autotuning (Reverse action)
- D: PID action with autotuning (Direct action)
- W: Heat/Cool PID action with autotuning (Water cooling)<sup>1</sup>
- A: Heat/Cool PID action with autotuning (Air cooling)<sup>1</sup>

**(2) Input type, (3) Range code**

Refer to "9. INPUT RANGE TABLE."

**(4) First control output [OUT1] (Heat-side)**

- M: Relay contact
- V: Voltage pulse
- G: Trigger for triac driving<sup>2</sup>
- 8: Current (4 to 20 mA DC)<sup>3</sup>

**(5) Second control output [OUT2] (Cool-side)<sup>3</sup>**

- No symbol: When control action is F or D.
- M: Relay contact
- V: Voltage pulse
- 8: Current (4 to 20 mA DC)

**(6) Alarm 1 [ALM1], (7) Alarm 2 [ALM2]**

- N: No alarm
- A: Deviation high alarm
- B: Deviation low alarm
- C: Deviation high/low alarm
- D: Band alarm
- E: Deviation high alarm with hold action
- F: Deviation low alarm with hold action
- G: Deviation high/low alarm with hold action
- H: Process high alarm
- J: Process low alarm
- K: Process high alarm with hold action
- L: Process low alarm with hold action
- P: Heater break alarm (HBA)[CTL-6]<sup>4</sup>
- S: Heater break alarm (HBA)[CTL-12]<sup>4</sup>
- R: Control loop break alarm (LBA)<sup>5</sup>

<sup>1</sup> C100 cannot be specified in Heat/Cool PID action.  
<sup>2</sup> For the C100, when control output is trigger output for triac driving, only the ALM1 is available.  
<sup>3</sup> For the C100, there is no second control output.  
<sup>4</sup> Heater break alarm (HBA) cannot be specified in case of ALM1. Also, it isn't possible to specify when control output is current output.  
<sup>5</sup> As control loop break alarm (LBA), only either the ALM1 or ALM2 is selected.



Check that power supply voltage is also the same as that specified when ordering.

<Accessories>

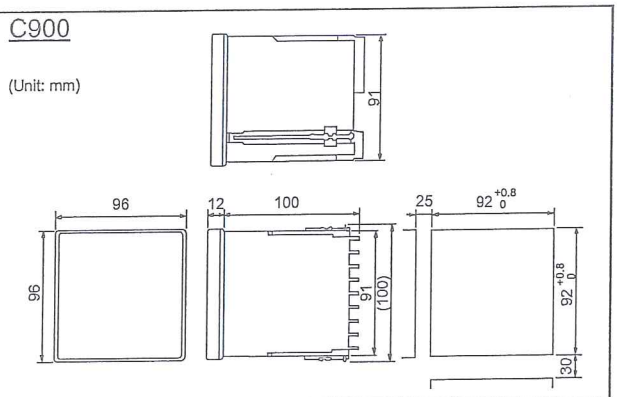
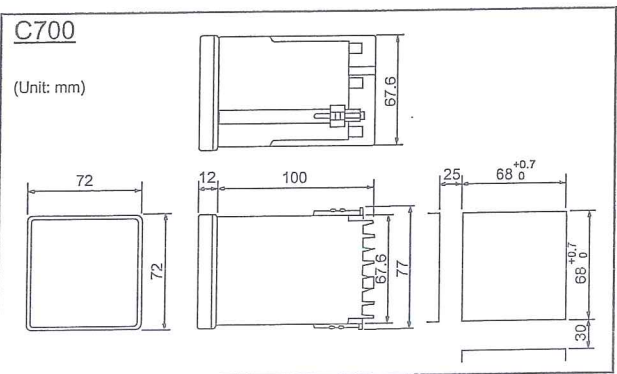
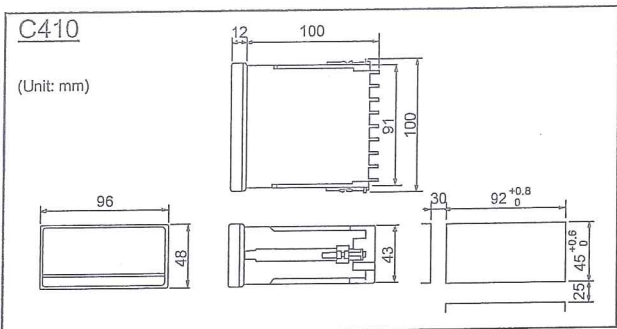
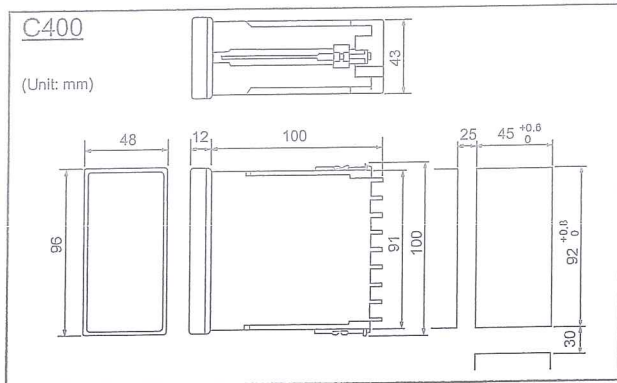
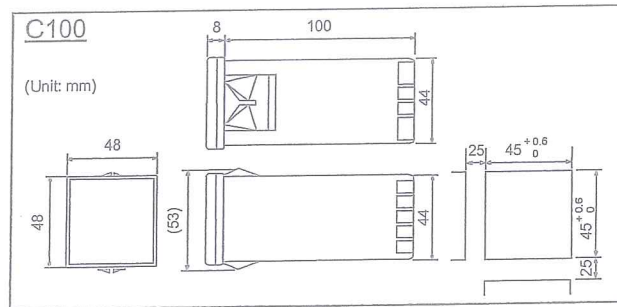
- Mounting brackets (C100/400/410/700/900): 2
- Instruction manual (IMNZC22-E1): 1

**2. MOUNTING**

**2.1 Mounting Cautions**

- This instrument is intended to be used under the following environmental conditions. (IEC61010-1)  
 [OVERVOLTAGE CATEGORY II, POLLUTION DEGREE 2]
- Use this instrument within the following environment conditions:
  - Allowable ambient temperature: 0 to 50 °C
  - Allowable ambient humidity: 45 to 85 % RH
  - Installation environment conditions: Indoor use, Altitude up to 2000 m
- Avoid the following conditions when selecting the mounting location:
  - Rapid changes in ambient temperature which may cause condensation.
  - Corrosive or inflammable gases.
  - Direct vibration or shock to the mainframe.
  - Water, oil, chemicals, vapor or steam splashes.
  - Excessive dust, salt or iron particles.
  - Excessive induction noise, static electricity, magnetic fields or noise.
  - Direct air flow from an air conditioner.
  - Exposure to direct sunlight.
  - Excessive heat accumulation.
- Mount this instrument in the panel considering the following conditions:
  - Provide adequate ventilation space so that heat does not build up.
  - Do not mount this instrument directly above equipment that generates large amount of heat (heaters, transformers, semi-conductor functional devices, large-wattage resistors.)
  - If the ambient temperature rises above 50 °C, cool this instrument with a forced air fan, cooler, etc. Cooled air should not blow directly on this instrument.
  - In order to improve safety and the immunity to withstand noise, mount this instrument as far away as possible from high voltage equipment, power lines, and rotating machinery.
    - High voltage equipment: Do not mount within the same panel.
    - Power lines: Separate at least 200 mm.
    - Rotating machinery: Separate as far as possible.
  - For correct functioning mount this instrument in a horizontal position.
- In case this instrument is connected to a supply by means of a permanent connection, a switch or circuit-breaker shall be included in the installation. This shall be in close proximity to the equipment and within easy reach of the operator. It shall be marked as the disconnecting device for the equipment.

## 2.2 Dimensions



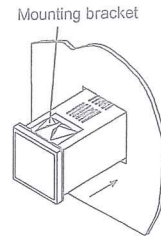
Panel thickness: 1 to 5 mm or 5 to 9 mm (C100)  
1 to 8 mm (C400/410/700/900)

## 2.3 Mounting procedures

### ■ C100

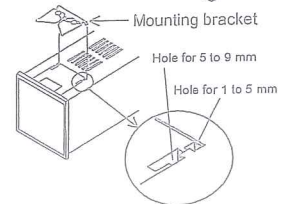
- When the controllers are mounted on panel with 1 to 5 mm in thickness

Since the mounting brackets are already installed on the controller, insert the controller into the panel front without removal of the brackets.



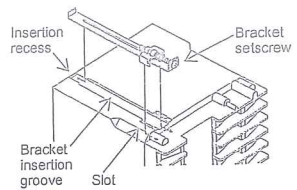
- When the controllers are mounted on panel with 5 to 9 mm in thickness

Remove the mounting brackets from the controller with a slotted screwdriver. Engage each mounting bracket with holes marked with 5-9 on the housing and then insert the controller into the panel from the panel front.



### ■ C400/410/700/900

1. Prepare the panel cutout as specified in 2.2 Dimensions.
2. Insert the instrument through the panel cutout.
3. Insert an upper mounting bracket along the bracket insertion groove from the back, and then engage a projection at the bracket end with a recess at the groove front and also insert metal fitting legs into slots.
4. Tighten a bracket setscrew from the rear of the bracket with Phillips screwdriver. Do not overtighten the bracket setscrew.
5. The other mounting bracket should be installed the same way described in 3. and 4.



C900 is used in the above figures for explanation, but the same mounting procedures also apply to C400/410/700.

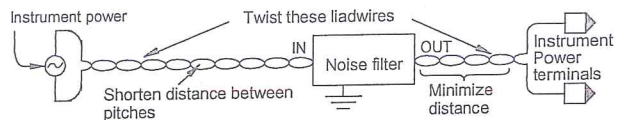
## 3. WIRING

### WARNING

To prevent electric shock or instrument failure, do not turn on the power until all wiring is completed. Make sure that the wiring is correct before applying power to the instrument.

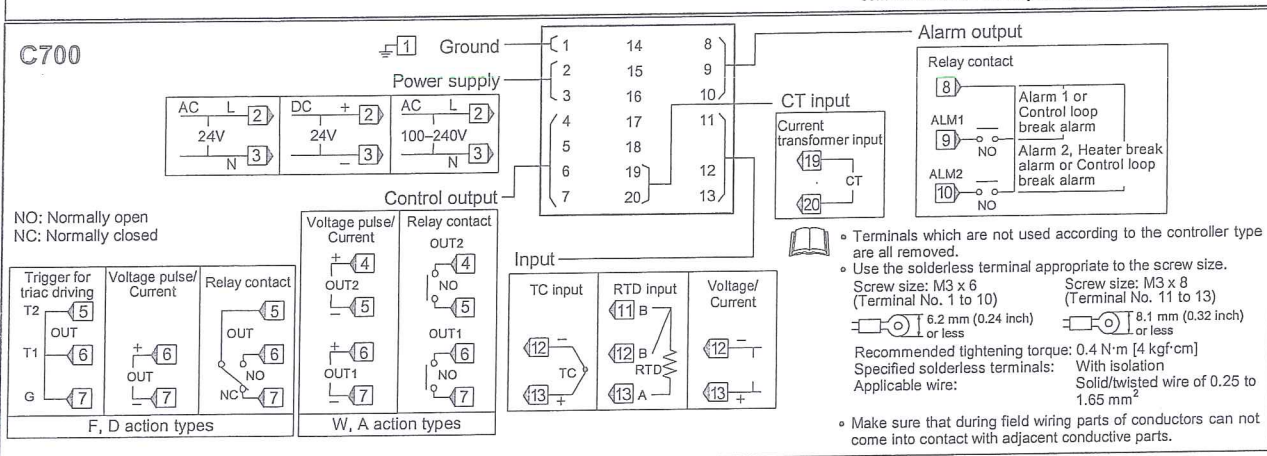
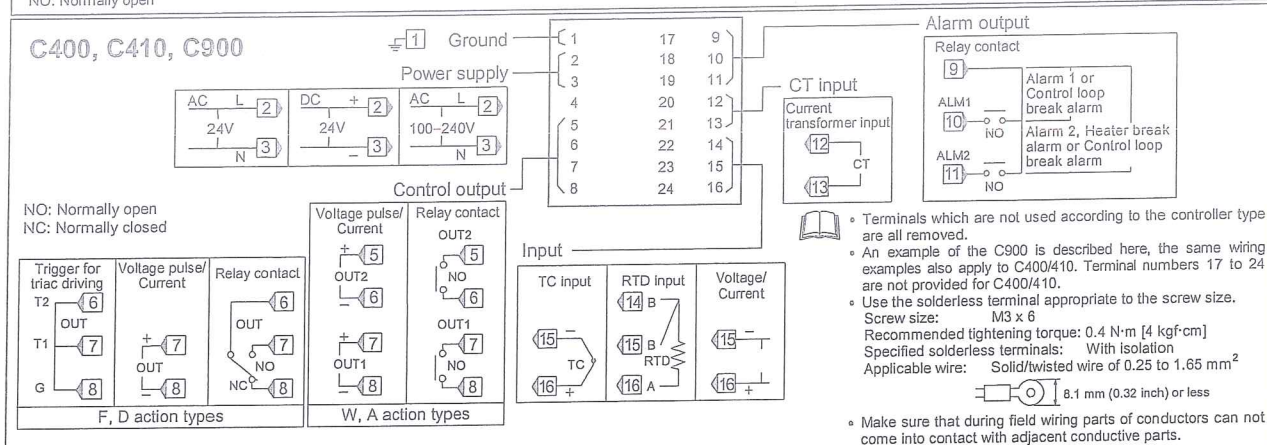
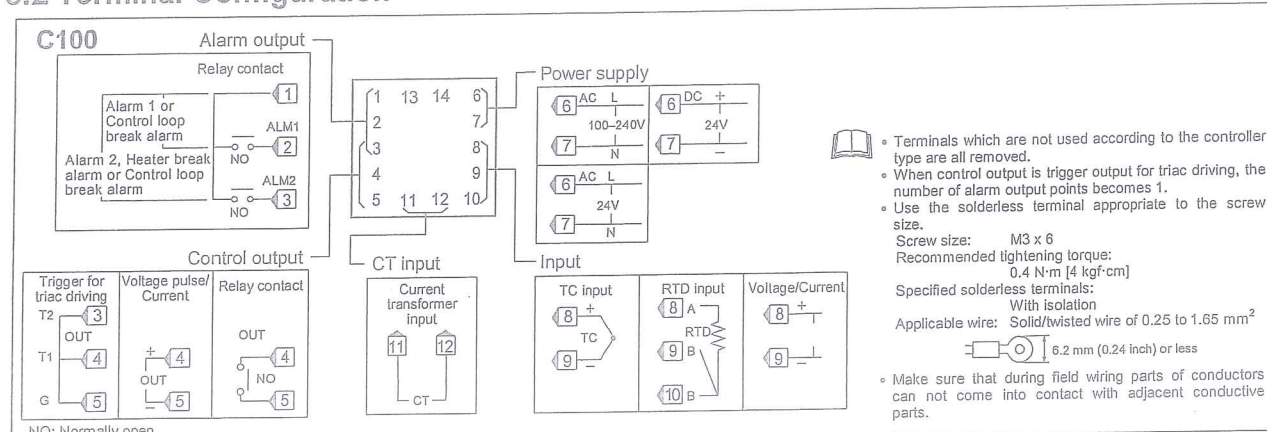
### 3.1 Wiring Cautions

- For thermocouple input, use the appropriate compensation wire.
- For RTD input, use low resistance lead wire with no difference in resistance between the three lead wires.
- To avoid noise induction, keep input signal wire away from instrument power line, load lines and power lines of other electric equipment.
- Signal connected to Voltage input and Current input shall be low voltage defined as "SELV" circuit per IEC 60950-1.
- If there is electrical noise in the vicinity of the instrument that could affect operation, use a noise filter.
  - Shorten the distance between the twisted power supply wire pitches to achieve the most effective noise reduction.
  - Always install the noise filter on a grounded panel. Minimize the wiring distance between the noise filter output and the instrument power supply terminals to achieve the most effective noise reduction.
  - Do not connect fuses or switches to the noise filter output wiring as this will reduce the effectiveness of the noise filter.



- Allow approximately 5 to 6 seconds for contact output when the instrument is turned on. Use a delay relay when the output line is used for an external interlock circuit.
- Power supply wiring must be twisted and have a low voltage drop.
- This instrument with 24 V power supply is not provided with an overcurrent protection device. For safety install an overcurrent protection device (such as fuse) with adequate breaking capacity close to the instrument.
  - Fuse type: Time-lag fuse (Approved fuse according IEC60127-2 and/or UL248-14)
  - Fuse rating: Rated current: 0.5 A
- For an instrument with 24 V power supply input, supply power from "SELV" circuit defined as IEC 60950-1.
- A suitable power supply should be considered in end-use equipment. The power supply must be in compliance with a limited-energy circuits (maximum available current of 8 A).

### 3.2 Terminal Configuration



#### Specifications

**Input:**  
**Input type:**  
 Thermocouple: K, J, R, S, B, E, T, N, PLII, W5Re/W26Re, U, L  
 Input impedance: Approx. 1 MΩ

**RTD:**  
 Pt100, JPt100

**Voltage:**  
 0 to 5 V DC, 1 to 5 V DC  
 Input impedance: 250 kΩ or more

**Current:**  
 0 to 20 mA DC, 4 to 20 mA DC  
 Input impedance: Approx. 250 Ω

**Sampling cycle:** 0.5 seconds

**Input range:** Refer to Input range table

**Control method:** PID control  
 ON/OFF, P, PI, or PD actions is available

**Control output:**  
 Relay contact output: 250 V AC, 3A (Resistive load)  
 Electrical life: 300,000 times or more (Rated load)

**Voltage pulse output:** 0/12 V DC  
 (Load resistance 600 Ω or more)

**Current output:** 4 to 20 mA DC  
 (Load resistance 600 Ω or less)

**Trigger output for triac driving:**  
 Zero cross method for medium capacity triac driving (100 A or less)  
 Load voltage used: 100 V AC line, 200 V AC line  
 Load used: Resistive load

**Alarm output:**  
 Relay contact output:  
 250 V AC, 1A (Resistive load)  
 Electrical life: 50,000 times or more (Rated load)

**Heater break alarm function:**  
 Measured current:  
 0 to 30 A (CTL-6-P-N)  
 0 to 100 A (CTL-12-S56-10L-N)

**Input rating:** Maximum current rating: 120 mA  
 Input impedance: Approx. 2.5 Ω

**Performance:**  
**Display accuracy (at the ambient temperature 23 °C ± 2 °C):**  
 Thermocouple (TC): ± (0.5 % of display value + 1 digit) or ± 3 °C [6 °F] whichever is greater  
 R and S input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]: ± 6 °C [12 °F]  
 B input: 0 to 399 °C [0 to 799 °F]: Accuracy is not guaranteed.  
 RTD: ± (0.5 % of display value + 1 digit) or ± 0.8 °C [1.6 °F] whichever is greater  
 Voltage/Current: ± (0.5 % of input span + 1 digit)

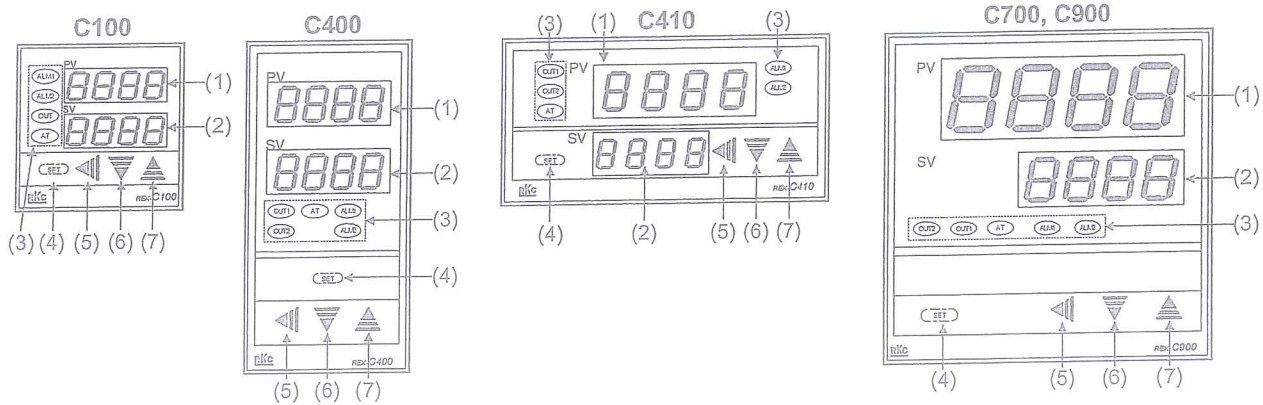
**Memory backup:**  
 Backed up by Nonvolatile Memory  
 Number of write times: Approx. 100,000 times  
 Data storage period: Approx. 10 years

**Power:**  
**Power supply voltage:**  
 85 to 264 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz  
 Rating: 100 to 240 V AC  
 21.6 to 26.4 V AC (Power supply voltage range), 50/60 Hz  
 Rating: 24 V AC  
 21.6 to 26.4 V DC (Power supply voltage range)  
 Rating: 24 V DC

**Power consumption:**  
 6 VA max. (at 100 V AC)  
 9 VA max. (at 240 V AC)  
 6 VA max. (at 24 V AC)  
 145 mA max. (at 24 V DC)

**Weight:**  
 C100: Approx. 170 g  
 C700: Approx. 250 g  
 C400/410: Approx. 260 g  
 C900: Approx. 340 g

## 4. PARTS DESCRIPTION



(1) Measured value (PV) display [Green]  
Displays PV or various parameter symbols.

(2) Set value (SV) display [Orange]  
Displays SV or various parameter set values (or CT input value).

(3) Indication lamps

Alarm output lamps (ALM1, ALM2) [Red]

ALM1: Lights when alarm 1 output is turned on.  
ALM2: Lights when alarm 2 output is turned on.

Autotuning (AT) lamp [Green]  
Flashes when autotuning is activated.  
(After autotuning is completed: AT lamp will go out)

Control output lamps

(OUT1 [Yellow], OUT2 [Green])

OUT1: Lights when control output is turned on.\*  
OUT2: Lights when cool-side control output is turned on.

(4) (SET) (Set key)  
Used for parameter calling up and set value registration.

(5) (Shift key)  
Shift digits when settings are changed.

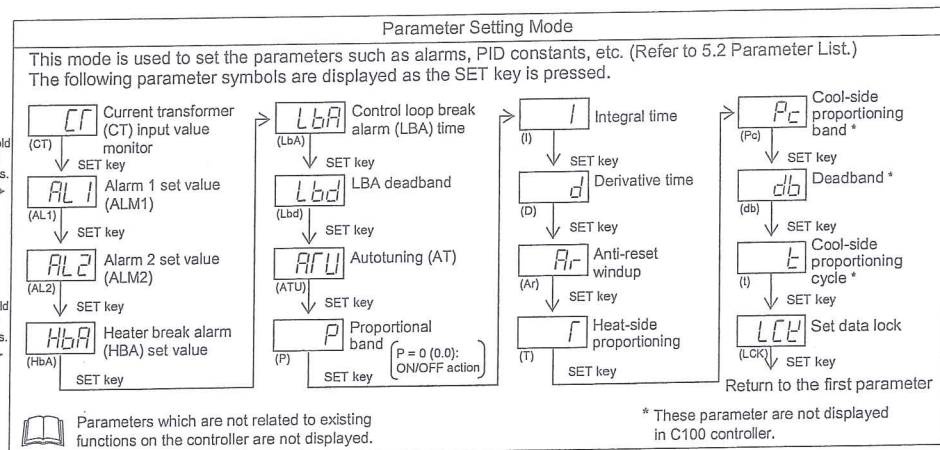
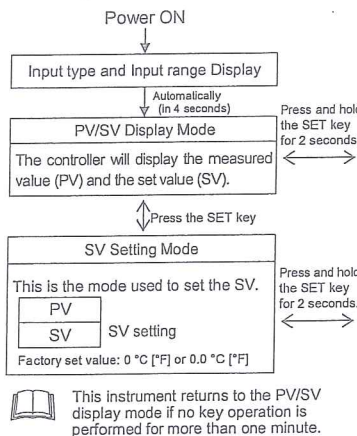
(6) (DOWN key)  
Decrease numerals.

(7) (UP key)  
Increase numerals.

To avoid damage to the instrument, never use a sharp object to press keys.

## 5. SETTING

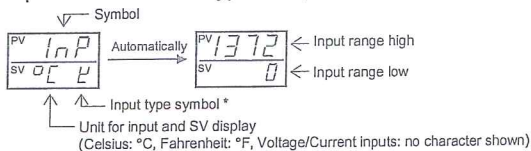
### 5.1 Operation Menu



### Input type and input range display

This instrument immediately confirms the input type symbol and input range following power ON.

Example: When sensor type of input is K thermocouple.



\* Input Type Symbol Table

Symbol	P	U	R	S	b	E	T	N	P	W	U	L	J	P	A	V	I
Input type	Thermocouple (TC)									RTD		Voltage input	Current input				
	K	J	R	S	B	E	T	N	PL II	W5Re/W28Re	U	L	JPt 100	Pt 100			

### 5.2 Parameter List

The following parameter symbols which are displayed as the SET key is pressed.

Parameter symbols which are not related to existing functions on the controller are not displayed.

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
CT	Current transformer (CT) input value monitor	0.0 to 100.0 A [Display only]	Display input value from the current transformer. [Displayed only when the instrument has the heater break alarm (HBA)]	
AL1	Alarm 1 set value (ALM1)	TC/RTD inputs: Deviation alarm, Process alarm: -1999 to +9999 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F]	Set the alarm 1 set value and alarm 2 set value. For the alarm action type, refer to page 7.	TC/RTD inputs: 50 (50.0)
AL2	Alarm 2 set value (ALM2)	Voltage/Current inputs: Deviation alarm: -199.9 to +200.0 % Process alarm: -199.9 to +300.0 %	Alarm differential gap: TC/RTD inputs: 2 or 2.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	Voltage/Current inputs: 5.0

Symbol	Name	Setting range	Description	Factory set value
HbA	Heater break alarm (HBA) set value <sup>1</sup>	0.0 to 100.0 A	Alarm value is set by referring to input value from the current transformer (CT). Used only for single-phase.	0.0
LbA	Control loop break alarm (LBA) time <sup>2</sup>	0.1 to 200.0 minutes	Set control loop break alarm (LBA) set value.	8.0
Lbd	LBA deadband <sup>3</sup>	TC/RTD inputs: 0 to 9999 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0 to 100 % of input span	Set the area of not outputting LBA. No LBA deadband functions with 0 set. Differential gap : TC/RTD inputs: 0.8 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span	0
ATU	Autotuning (AT)	0: AT end or cancel 1: AT start or execution	Turns the autotuning ON/OFF.	0
P	Proportional band	TC/RTD inputs: 1 (0.1) to span 0.1 °C [°F] resolution: Within 999.9 °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.1 to 100.0 % of input span 0 (0.0): ON/OFF action	Set when PI, PD or PID control is performed. Heat/Cool PID action: Proportional band setting on the heat-side.  ON/OFF action differential gap: TC/RTD inputs: 2 (0.2) °C [°F] Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span	TC/RTD inputs: 30 (30.0)  Voltage/Current inputs: 3.0
I	Integral time	1 to 3600 seconds (0 second: PD action)	Set the time of integral action to eliminate the offset occurring in proportional control.	240
D	Derivative time	1 to 3600 seconds (0 second: PI action)	Set the time of derivative action to improve control stability by preparing for output changes.	60
Ar	Anti-reset windup (ARW)	1 to 100 % of heat-side proportional band (0 %: Integral action OFF)	Overshooting and undershooting are restricted by the integral effect.	100
F	Heat-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control output cycle. Heat/Cool PID action: Heat-side proportioning cycle	Relay contact output: 20 Voltage pulse output/ Trigger output for triac driving: 2
Pc	Cool-side proportional band	1 to 1000 % of heat-side proportional band	Set cool-side proportional band when Heat/Cool PID action.	100
db	Deadband	TC/RTD inputs: -10 to +10 °C [°F] or -10.0 to +10.0 °C [°F] Voltage/Current inputs: -10.0 to +10.0 % of input span	Set control action deadband between heat-side and cool-side proportional bands. Minus (-) setting results in overlap.	0 or 0.0
t	Cool-side proportioning cycle	1 to 100 seconds (Not displayed if the control output is current output.)	Set control cool-side output cycle for Heat/Cool PID action.	Relay contact output: 20 Voltage pulse output: 2
LCK	Set data lock (LCK)	0100: No set data locked (All parameters changeable) 0101: Set data locked (All parameters locked) 0110: Only the set value (SV) is changeable with the set data locked	Performs set data change enable/disable.	0100

#### <sup>1</sup> Heater Break Alarm (HBA) function

The HBA function monitors the current flowing through the load by a dedicated current transformer (CT), compares the measured value with the HBA set value, and detects a fault in the heating circuit.

**Low or No current flow (Heater break, malfunction of the control device, etc.):**

When the control output is ON and the current transformer input value is equal to or less than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

**Over current or short-circuit:**

When the control output is OFF and the current transformer input value is equal to or greater than the heater break determination point for the preset number of consecutive sampling cycle, an alarm is activated.

#### Precaution for HBA setting:

- Displayed only when HBA is selected as Alarm 2.
- HBA is not available on a current output.
- Set the set value to approximately 85 % of the maximum reading of the CT input.
- Set the set value to a slightly smaller value to prevent a false alarm if the power supply may become unstable.
- When more than one heater is connected in parallel, it may be necessary to increase the HBA set value to detect a single heater failure.
- When the current transformer is not connected or the HBA set value is set to "0.0," the HBA is turned on.

#### <sup>2</sup> Control Loop Break Alarm (LBA) function

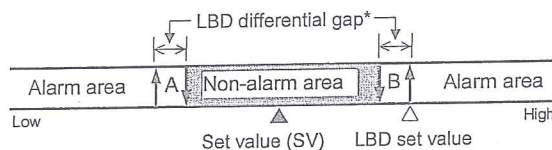
The LBA function is used to detect a load (heater) break or a failure in the external actuator (power controller, magnet relay, etc.), or a failure in the control loop caused by an input (sensor) break. The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. LBA monitors variation of the measured value (PV) for the length of LBA time. When the LBA time has elapsed and the PV is still within the alarm determination range, the LBA will be ON.

#### Precaution for LBA setting:

- Displayed only for when LBA is selected as Alarm 1 or Alarm 2.
- No LBA function can be used at Heat/Cool PID control action.
- The LBA function can not be activated when AT function is turned on.
- The LBA function is activated when control output reaches 0 % or 100 %. The time required for the LBA output to turn on includes both the time from the initial occurrence of loop failure and the LBA setting time. Recommended setting for LBA is for the set value of the LBA to be twice the value of the integral time (I).
- If LBA setting time does not match the controlled object requirements, the LBA setting time should be lengthened.  
If setting time is not correct, the LBA will malfunction by turning on or off at inappropriate times or not turning on at all.

#### <sup>3</sup> LBA Deadband function

The LBA may malfunction due to external disturbances. To prevent malfunctioning due to external disturbance, LBA deadband (LBD) sets a neutral zone in which LBA is not activated. When the measured value (PV) is within the LBD area, LBA will not be activated. If the LBD setting is not correct, the LBA will not work correctly.



A: During temperature rise: Alarm area    B: During temperature rise: Non-alarm area  
During temperature fall: Non-alarm area    During temperature fall: Alarm area

\* TC and RTD inputs: 0.8 °C [°F] (fixed)  
Voltage/Current inputs: 0.8 % of input span (fixed)

## 5.3 Changing Parameter Settings

Procedures to change parameter settings are shown below.

To store a new value for the parameter, always press the SET key. The display changes to the next parameter and the new value will be stored.

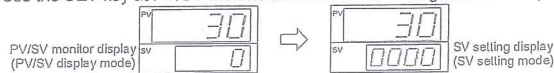
- A new value will not be stored without pressing SET key after the new value is displayed on the display.
- After a new value has been displayed by using the UP and DOWN keys, the SET key must be pressed within 1 minute, or the new value is not stored and the display will return to the PV/SV monitor screen.

### Change the set value (SV)

Change the set value (SV) from 0 °C to 200 °C

#### 1. Select the SV setting mode

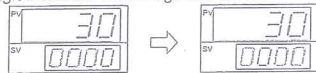
Press the SET key at PV/SV monitor screen until SV setting screen is displayed.



#### 2. Shift the high-lighted digit

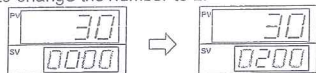
Press the shift key to high-light the hundreds digit.

The high-lighted digit indicates which digit can be set.



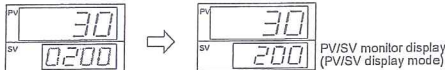
#### 3. Change the set value

Press the UP key to change the number to 2.



#### 4. Store the set value

Press the SET key to store the new set value. The display returns to the PV/SV monitor screen.



### Change parameters other than the set value (SV)

The changing procedures are the same as those of example 2 to 4 in the above "Change the set value (SV)". Pressing the SET key after the setting end shifts to the next parameter. When no parameter setting is required, return the instrument to the PV/SV display mode.

## 6. OPERATION

### CAUTIONS

- All mounting and wiring must be completed before the power is turned on. If the input signal wiring is disconnected or short-circuited (RTD input only), the instrument determines that burnout has occurred.
  - Displays:
    - Upscale: Thermocouple input, RTD input (when input break)
    - Downscale: Thermocouple input (specify when ordering), RTD input (when short-circuited), Voltage input (1 to 5 V DC), Current input (4 to 20 mA DC)
  - For the voltage (0 to 5 V DC) or current (0 to 20 mA DC) input, the display becomes indefinite (display of about zero value).
- Outputs:
  - Control output: OFF (Heat/Cool control: the control output on both heat-side and cool-side is turned off)
  - Alarm output: Both of the Alarm 1 and Alarm 2 outputs of this instrument are turned on when burnout occurs regardless of any of the following actions taken. (High alarm, low alarm, etc.) In addition, when used for any purposes other than these alarms (event, etc.), specify the Z-124 specification (not to be forcibly turned on).
- A power failure of 20 ms or less will not affect the control action. When a power failure of more than 20 ms occurs, the instrument assumes that the power has been turned off. When power returns, the controller will retain the conditions that existed prior to shut down.
- The alarm hold action is activated when not only the power is turned on, but also the SV is changed.

### 6.1 Operating Precautions

- (1) All mounting and wiring must be completed before the power is turned on.
- (2) The settings for the SV and all parameters should be appropriate for the controlled object.
- (3) A power supply switch is not furnished with this instrument. It is ready to operate as soon as the power is turned on.

### 6.2 Set Data Lock (LCK) Function

The set data lock restricts parameter setting changes by key operation. This function prevents the operator from making errors during operation.

Set value	Parameters which can be changed
0100	All parameters [Factory set value]
0101	No parameters [All Locked]
0110	SV

Parameters protected by Set Data Lock function are still displayed for monitoring.

## 6.3 Autotuning (AT) Function

Autotuning (AT) automatically measures, calculates and sets the optimum PID and LBA constants. The following conditions are necessary to carry out autotuning and the conditions which will cause the autotuning to stop.

**Caution for using the Autotuning (AT)**  
When a temperature change (UP and/or Down) is 1 °C or less per minute during Autotuning, Autotuning may be cancelled before calculating PID values. In that case, adjust the PID values manually. It is possible to happen when the set value is around the ambient temperature or is close to the maximum temperature achieved by the load.

#### Requirements for AT start

Start the autotuning when all following conditions are satisfied:

- Prior to starting the AT function, end all the parameter settings other than PID and LBA.
- Confirm the LCK function has not been engaged.

When the autotuning is finished, the controller will automatically returns to PID control.

#### Requirements for AT cancellation

The autotuning is canceled if any of the following conditions exist.

- When the set value (SV) is changed.
- When the PV bias value is changed.
- When the PV becomes abnormal due to burnout.
- When the power is turned off.
- When power failure longer than 20 ms occurs.

If the AT is canceled, the controller immediately changes to PID control. The PID values will be the same as before AT was activated.

When AT is completed, the controller immediately changes to PID control. If the control system does not allow the AT cycling process, set each PID constant manually to meet the needs of the application.

## 7. INITIAL SETTING



### WARNING

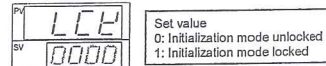
Parameters in the Initialization mode should be set according to the application before setting any parameter related to operation. Once the Parameters in the Initialization mode are set correctly, no further changes need to be made to parameters for the same application under normal conditions. If they are changed unnecessarily, it may result in malfunction or failure of the instrument. RKC will not bear any responsibility for malfunction or failure as a result of improper changes in the Initialization mode.

### 7.1 Go to Initialization Mode

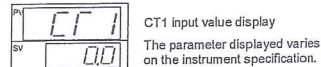
1. Turn on the power to this controller. The instrument goes to the PV/SV display after confirming input type symbol and input range.
2. Press and hold the SET key for 5 seconds to go to the Parameter setting mode from the PV/SV display.
3. Press the SET key until "LCK" (Set Data Lock display) will be displayed.
4. The high-lighted digit indicates which digit can be set. Press shift key to high-light the hundreds digit. (The   section in each image of the controller shows the digits which are not high-lighted.)



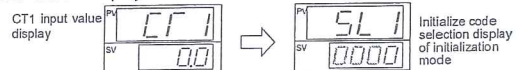
5. Press the DOWN key to change 1 to 0.



6. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter, and the Initialization mode is unlocked.



7. Press the shift key for 5 seconds while pressing the SET key to go to the Initialization mode. When the controller goes to the Initialization mode, "SL1" will be displayed.



If the control is set to the initial set mode, all outputs are turned OFF.

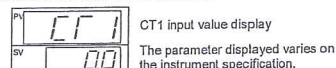
### 7.2 Exit Initialization Mode

When any parameter setting is changed in the Initialization mode, check all parameter set values in SV setting mode and Parameter setting mode.

1. Press the shift key for 5 seconds while pressing the SET key from any display in the Initialization mode. The controller goes back to the operation mode and the PV/SV display will be displayed.
2. Press and hold the SET key for 5 seconds in the PV/SV display.
3. Press the SET key until "LCK" (Set Data Lock display) will be displayed.
4. The high-lighted digit indicates which digit can be set. Press shift key to high-light the hundreds digit.



5. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter, and the Initialization mode is locked.



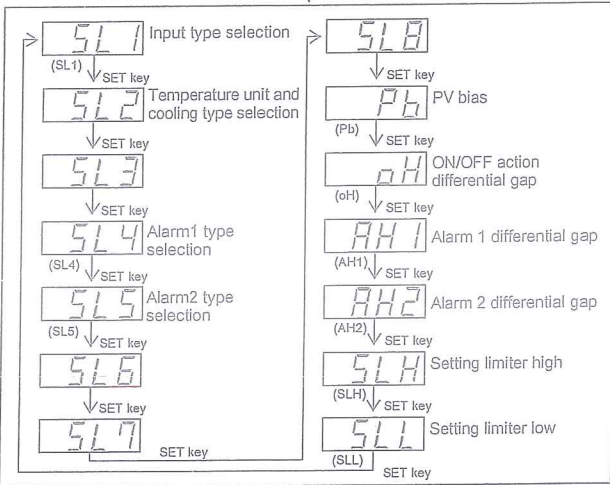
### 7.3 Initial Setting Menu

Display flowcharts in Initialization mode are shown in the following.

Do not change to the    section parameters and any parameter in the Initialization mode which is not described in the initial setting menu below. It may result in malfunction or failure of the instrument.

PV/SV display mode or Parameter setting mode

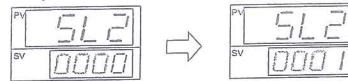
Press the shift key while pressing the SET key for 5 seconds with the unlocked.



### Change Settings

Example: Change the temperature unit of the Heat only type from "°C (0000)" to "°F (0001)"

1. Press the SET key until SL2 is displayed.
2. Press the UP key to change the number to 1.



3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

### 7.6 Alarm 1 [ALM1] Type Selection (SL4) Alarm 2 [ALM2] Type Selection (SL5)

If the alarm function is not provided with the instrument when shipped from the factory, no alarm output is available by changing SL4 and/or SL5.

SL4 is set to 0000 in the following cases.

- When the instrument does not have ALM1 output
- When Control Loop Break Alarm (LBA) is provided and assigned to ALM1

SL5 is set to 0000 in the following cases.

- When the instrument does not have ALM2 output
- When Control Loop Break Alarm (LBA) is provided and assigned to ALM2
- When the SV alarm is provided and assigned to ALM2
- When the Heater Break Alarm (HBA) is provided

Factory set value varies depending on the instrument specification.

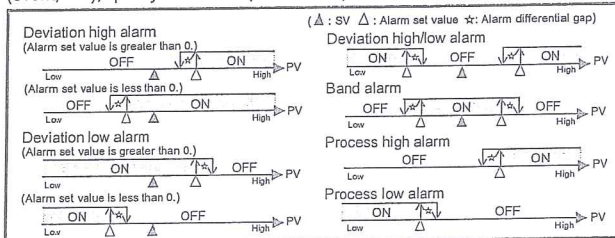
Set value	Details of setting
0000	No alarm
0001	Deviation high alarm
0101	Deviation low alarm
0010	Deviation high/low alarm
0110	Band alarm
0011	Process high alarm
0111	Process low alarm
1001	Deviation high alarm with hold action *
1101	Deviation low alarm with hold action *
1010	Deviation high/low alarm with hold action *
1011	Process high alarm with hold action *
1111	Process low alarm with hold action *

\* Hold action:

When Hold action is ON, the alarm action is suppressed at start-up or the control set value change until the measured value enters the non-alarm range.

### Alarm action type

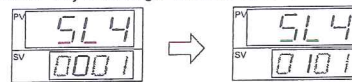
Both of the Alarm 1 and Alarm 2 outputs of this instrument are turned on when burnout occurs regardless of any of the following actions taken (High alarm, low alarm, etc.). In addition, when used for any purposes other than these alarms (event, etc.), specify the Z-124 specification (not to be forcibly turned on).



### Change Settings

Example: Change the ALM1 type from "Deviation high alarm (0001)" to "Deviation low alarm (0101)"

1. Press the SET key three times at SL1 until SL4 is displayed.
2. Press the shift key to high-light the hundreds digit.
3. Press the UP key to change the number to 1.



4. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

### 7.4 Input Type Selection (SL1)

When any parameter setting is changed in the Initialization mode, check all parameter set values in SV setting mode and Parameter setting mode.

Factory set value varies depending on the input type.

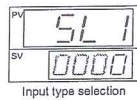
Set value	Input type	Hardware	
0000	K	Thermocouple (TC)	A
0001	J		
0010	L		
0011	E		
0100	N		
0111	R		
1000	S		
1001	B		
1010	W5Re/W26Re		
1011	PL II		
0101	T		
0110	U		
1100	Pt100 (JIS/IEC)	RTD	C
1101	JPt100 (JIS)		
1110	0 to 5 V DC	Voltage	D
1111	1 to 5 V DC		
1110	0 to 20 mA DC	Current	E
1111	4 to 20 mA DC		

Conduct setting so as to meet the instrument specification (input type). Setting change between different symbols may cause malfunction, but the setting can be changed when hardware types have the same symbol. However, when the setting is changed, always reset "SLH" and "SLL" (Refer to page 8).

### Change Settings

Example: Change the input type from "K" to "J"

1. Press the SET key. The display will go to SL1.



2. Press the UP key to change the number to 1.



3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

### 7.5 Temperature Unit and Cooling Type Selection (SL2)

Inappropriate settings may result in malfunction. Control type between Heat Only and Heat/Cool cannot be changed by this parameter.

Factory set value varies depending on the instrument specification.

Set value	Description	
	Temperature unit	Cooling type selection
0000	°C	Air cooling (A type) or Heat only type (F, D type)
0001	°F	Air cooling (A type) or Heat only type (F, D type)
0010	°C	Water cooling (W type)
0011	°F	Water cooling (W type)

### 7.7 PV bias (Pb)

The value set in the PV bias is added to the input value (actual measured value) to correct the input value. The PV bias is used to correct the individual variations in the sensors or when there is difference between the measured values (PV) of other instruments.

Setting range: TC/RTD inputs: -1999 to +9999 °C [°F] or -199.9 to +999.9 °C [°F]

Voltage/Current inputs: -199.9 to +200.0 %

Factory set value: TC/RTD inputs: 0 °C [°F] or 0.0 °C [°F]

Voltage/Current inputs: 0.0 %

Continued on the next page.

Continued from the previous page.

### Change Settings

Example: When the temperature is measured by two instruments  
When the measured values (PV) are as shown in the following:

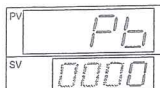
Main unit = 198 °C  
Recorder = 200 °C

If a PV bias correction value of +2 °C is added to the measured value the main unit, the displayed value become:

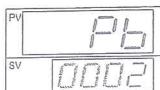
Displayed value = Measured value (PV) + PV bias  
= 198 °C + 2 °C = 200 °C

The setting procedures is described in the following.

1. Press the SET key at "Pb" is displayed.



2. Press the UP key to change the number to 2.



3. Press the SET key to store the new set value.  
The display goes to the next parameter.

## 7.8 ON/OFF Action Differential Gap (oH)

Setting range: TC/RTD inputs: 0 to 100 °C [°F] or 0.0 to 100.0 °C [°F]

Voltage/Current inputs: -199.9 to +200.0 %

Factory set value: TC/RTD inputs: 2 °C [°F] or 2.0 °C [°F]  
Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span

### Change Settings

Example: Change the On/Off Action differential gap from "2 °C" to "4 °C"

1. Press the SET key at "oH" is displayed.
2. Press the UP key to change the number to 4.
3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

## 7.9 Alarm 1 Differential Gap (AH1) Alarm 2 Differential Gap (AH2)

Setting range: TC/RTD inputs: 0 to 100 °C [°F] or 0.0 to 100.0 °C [°F]

Voltage/Current inputs: 0.0 to 10.0 %

Factory set value: TC/RTD inputs: 2 °C [°F] or 2.0 °C [°F]  
Voltage/Current inputs: 0.2 % of input span

### Change Settings

Example: Change the Alarm 1 differential gap from "2 °C" to "4 °C"

1. Press the SET key at "AH1" is displayed.
2. Press the UP key to change the number to 4.
3. Press the SET key to store the new set value. The display goes to the next parameter.

## 7.10 Setting Limiter High (SLH) Setting Limiter Low (SLL)

For voltage or current input, set scaling within the input range.

Refer to 9. INPUT RANGE TABLE.

Factory set value varies depending on the instrument specification.

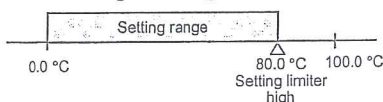
Input type	Setting range *	
TC	K	0 to 1372 °C    0 to 2502 °F
	J	0 to 1200 °C    0 to 2192 °F
	R	0 to 1769 °C    0 to 3216 °F
	S	0 to 1769 °C    0 to 3216 °F
	B	0 to 1820 °C    0 to 3308 °F
	E	0 to 1000 °C    0 to 1832 °F
	N	0 to 1300 °C    0 to 2372 °F
	T	-199.9 to +400.0 °C    -199.9 to +752.0 °F
	W5Re/W26Re	0 to 2320 °C    0 to 4208 °F
	PLII	0 to 1390 °C    0 to 2534 °F
	U	-199.9 to +600.0 °C    -199.9 to +999.9 °F
RTD	Pt100	-199.9 to +649.0 °C    -199.9 to 999.9 °F
	JPt100	-199.9 to +649.0 °C

\* Limit setting becomes SLH ≥ SLL.

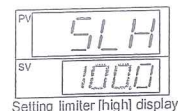
When changing the high-limit (SLH) and the low-limit (SLL) limiter settings, always set the set-value (SV) within the limiter range.

### Change Settings

Example: The input range (input scale range) is from 0.0 to 100.0 °C, the setting limiter high is 80.0 °C.



1. Press the SET key at "SLH" is displayed.



Setting limiter [high] display

2. Press the shift key to high-light the tens digit.



3. Press the DOWN key to change the number to 8.



4. Press the SET key to store the new set value.  
The display goes to the next parameter.

## 8. ERROR DISPLAYS

### Error display

Err	RAM failure (Incorrect set data write, etc.)	Turn off the power at once. If an error occurs after the power is turned on again, please contact RKC sales office or the agent.
-----	--	--

### Over-scale and Underscale

Measured value (PV) [Flashing]	PV is outside of input range.	<b>WARNING</b> To prevent electric shock, always turn off the power before replacing the sensor.
0000 [Flashing]	Over-scale: PV is above the high input display range limit.	
UUUU [Flashing]	Underscale: PV is below the low input display range limit.	Check Input type, Input range and connecting state of sensor. Confirm that the sensor or wire is not broken.

## 9. INPUT RANGE TABLE

### TC/RTD inputs

Input type	Range	Code	Range	Code	Range	Code		
TC	K	0 to 200 °C	K 01	0 to 400 °C	K 02	0 to 600 °C	K 03	
		0 to 800 °C	K 04	0 to 1000 °C	K 05	0 to 1200 °C	K 06	
		0 to 1372 °C	K 07	0 to 100 °C	K 13	0 to 300 °C	K 14	
		0 to 450 °C	K 17	0 to 500 °C	K 20	0 to 800 °F	K A1	
		0 to 1600 °F	K A2	0 to 2502 °F	K A3	20 to 70 °F	K A9	
		0 to 200 °C	J 01	0 to 400 °C	J 02	0 to 600 °C	J 03	
	0 to 800 °C	J 04	0 to 1000 °C	J 05	0 to 1200 °C	J 06		
	0 to 450 °C	J 10	0 to 800 °F	J A1	0 to 1600 °F	J A2		
	0 to 2192 °F	J A3	0 to 400 °F	J A6	0 to 300 °F	J A7		
	0 to 1600 °C	R 01	0 to 1769 °C	R 02	0 to 1350 °C	R 04		
	0 to 3200 °F	R A1	0 to 3216 °F	R A2	—	—		
	0 to 1600 °C	S 01	0 to 1769 °C	S 02	0 to 3200 °F	S A1		
	0 to 3216 °F	S A2	—	—	—	—		
	400 to 1800 °C	B 01	0 to 1820 °C	B 02	800 to 3200 °F	B A1		
	0 to 3308 °F	B A2	—	—	—	—		
	0 to 800 °C	E 01	0 to 1000 °C	E 02	0 to 1600 °F	E A1		
	0 to 1832 °F	E A2	—	—	—	—		
	0 to 1200 °C	N 01	0 to 1300 °C	N 02	0 to 2300 °F	N A1		
0 to 2372 °F	N A2	—	—	—	—			
TC	T	-199.9 to +400.0 °C	T 01	-199.9 to +100.0 °C	T 02	-100.0 to +200.0 °C	T 03	
		0 to 350.0 °C	T 04	-199.9 to +752.0 °F	T A1	-100.0 to +200.0 °F	T A2	
		-100.0 to +400.0 °F	T A3	0 to 450.0 °F	T A4	0 to 752.0 °F	T A5	
	0 to 2000 °C	W 01	0 to 2320 °C	W 02	0 to 4000 °F	W A1		
	0 to 1300 °C	A 01	0 to 1390 °C	A 02	0 to 1200 °C	A 03		
	0 to 2400 °F	A A1	0 to 2534 °F	A A2	—	—		
	U	-199.9 to +600.0 °C	U 01	-199.9 to +100.0 °C	U 02	0 to 400.0 °C	U 03	
		-199.9 to +999.9 °F	U A1	-100.0 to +200.0 °F	U A2	0 to 999.9 °F	U A3	
		0 to 400 °C	L 01	0 to 800 °C	L 02	0 to 800 °F	L A1	
	0 to 1600 °F	L A2	—	—	—	—		
	RTD	Pt100	-199.9 to +649.0 °C	D 01	-199.9 to +200.0 °C	D 02	-100.0 to +50.0 °C	D 03
			-100.0 to +100.0 °C	D 04	-100.0 to +200.0 °C	D 05	0 to 50.0 °C	D 06
0 to 100.0 °C			D 07	0 to 200.0 °C	D 08	0 to 300.0 °C	D 09	
0 to 500.0 °C			D 10	-199.9 to +999.9 °F	D A1	-199.9 to +400.0 °F	D A2	
-199.9 to +200.0 °F			D A3	-100.0 to +100.0 °F	D A4	-100.0 to +300.0 °F	D A5	
0 to 100.0 °F			D A6	0 to 200.0 °F	D A7	0 to 400.0 °F	D A8	
0 to 500.0 °F			D A9	—	—	—	—	
-199.9 to +649.0 °C			P 01	-199.9 to +200.0 °C	P 02	-100.0 to +50.0 °C	P 03	
-100.0 to +100.0 °C			P 04	-100.0 to +200.0 °C	P 05	0 to 50.0 °C	P 06	
0 to 100.0 °C			P 07	0 to 200.0 °C	P 08	0 to 300.0 °C	P 09	
0 to 500.0 °C	P 10	—	—	—	—			

<sup>1</sup> 0 to 399 °C [0 to 799 °F]: ±6 °C [12 °F]

<sup>2</sup> 0 to 399 °C [0 to 799 °F]: Accuracy is not guaranteed.

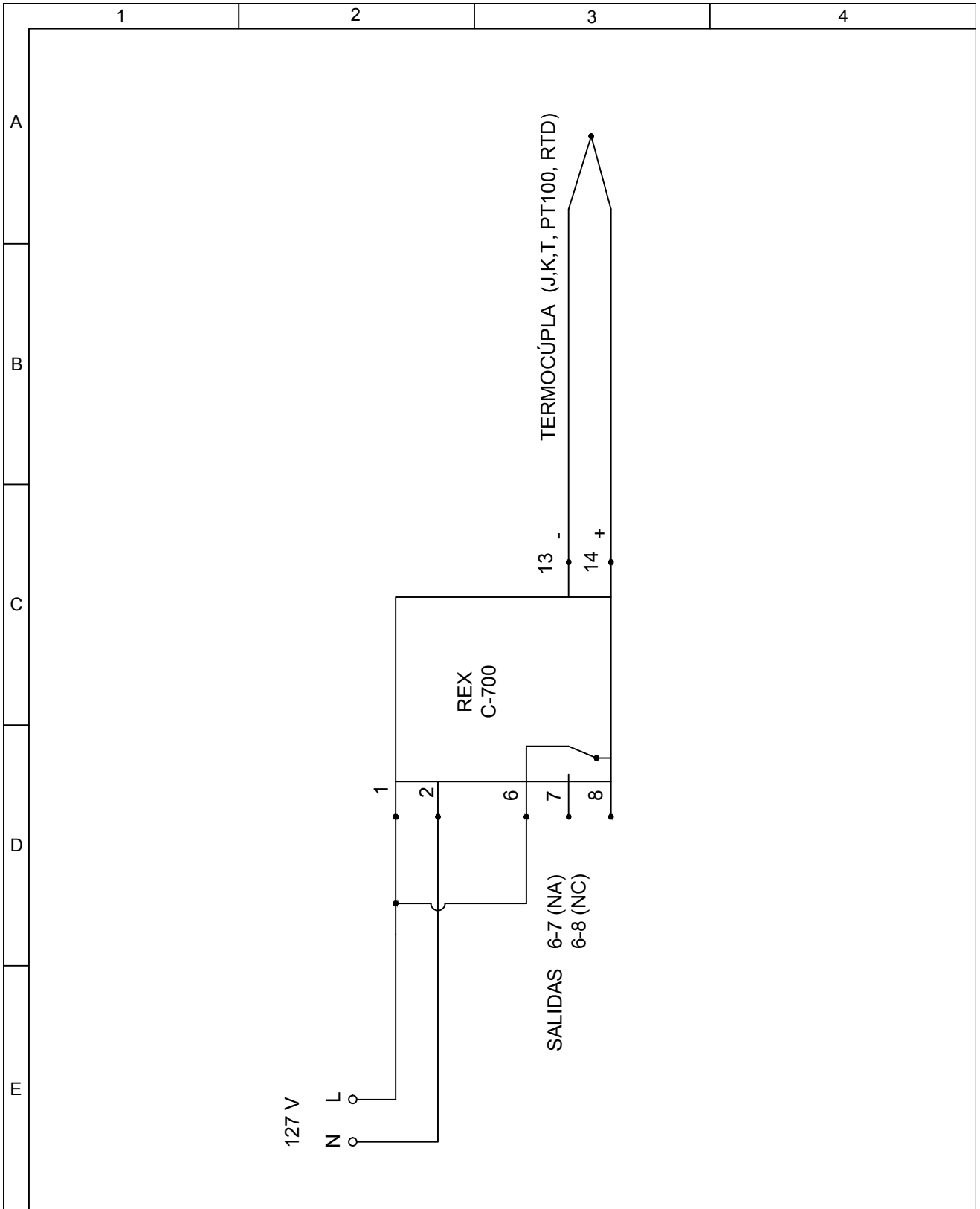
### Voltage/Current inputs

Type	Range	Code	Type	Range	Code
0 to 5 V DC	0.0 to 100.0 (Fixed)	4 01	0 to 20 mA DC	0.0 to 100.0 (Fixed)	7 01
1 to 5 V DC	0.0 to 100.0 (Fixed)	6 01	4 to 20 mA DC	0.0 to 100.0 (Fixed)	8 01

The first edition: DEC. 2012 [IMQ01]



**Diagrama de  
conexión del y  
programación del  
controlador REX  
C-700**



				Tolerancia	Peso	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	
						DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL REX C-700	Escala: 1:10
				Dib.	09/07/19		ALVAREZ, GUANO
				Rev.	09/07/19		ING. TORRES
				Apro.	09/07/19	ING. TORRES	
						001	
EDICIÓN	MODIFICACIÓN	FECHA	NOMBRE			Sustitucion	

## Proceso de programación del controlador REX C-700

### PROGRAMACION DEL CONTROLADOR REX-C700



1. Encender el controlador



2. Presionar el botón set por 5 segundos.



3. Ingresar los siguientes valores.



Símbolo	Descripción	Valor
AL1	Alarma 1	999.9
AL2	Alarma 2	300
HbA	Alarma de rotura de calefacción.	0
AFU	Sintonización automática.	1
LCE	Establecer bloqueo de datos.	0100



4. Presionar por 5 segundos el botón SET cuando se haya terminado de programar y poner en funcionamiento.

## ANEXO XI

### PRUEBAS CON LOS DIFERENTES TIPOS DE COLECTORES SOLARES



**Figura A**

Pruebas realizadas con el colector solar que utiliza el sistemas de tubos al vacio.



**Figura B**

Pruebas realizadas con el colector solar que utiliza el sistema de placa plana.

## ANEXO XII

### Construcción del colector



**Figura C**

Cortado de la placa colectora



**Figura D**

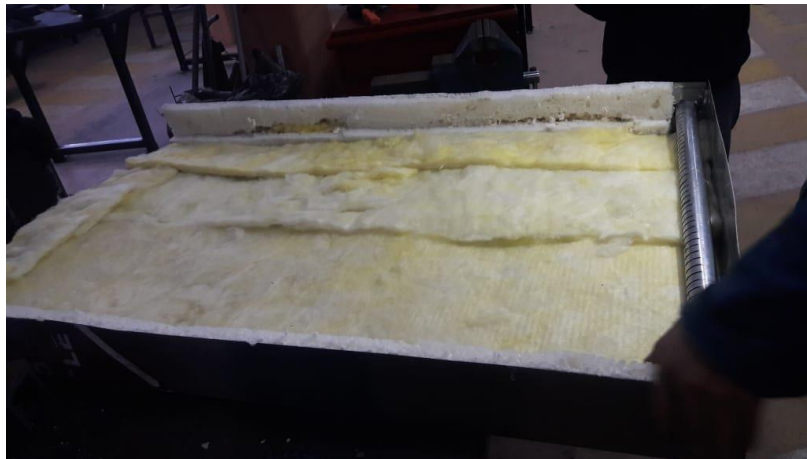
Construcción del colector y aislamiento con espuma de poliuretano en los talleres de la universidad.

## ANEXO XIII



**Figura D**

Perforacion de la tuberia conductora del flujo de aire



**Figura E**

Aislamiento térmico del piso del colector, utilizando fibra y lana de vidrio.

## ANEXO XIV



**Figura F**

Proceso de pintado de la placa colectora y las paredes de aislamiento, de color negro mate.



**Figura G**

Colocación de la cubierta de vidrio en la placa colectora.

## ANEXO XV

### Construcción de la estructura



**Figura H**

Construcción de la estructura que soporta a la camara de secado.

### Construccion del tablero de control



**Figura I**

Construccion del tablero de control.



## **ANEXO XVI**

### **Pintado de la estructura**



**Figura J**

Pintado de la estructura y el tablero de control.

## **ANEXO XVII**

### **Instalacion de los elementos de control**



**Figura K**

Conexión de los dispositivos que componen el tablero de control.

**ANEXO XVIII**  
**Implementacion**



**Figura L**

Implementación de la maquina para pruebas