



UNIVERSIDAD DE COTAPACHI
UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE
POTENCIA

TEMA: TESIS DE GRADO

**“AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE UN SISTEMA SOLAR
TÉRMICO EFICIENTE MEDIANTE UN CONTROL ELÉCTRICO
APLICADO A UN DESHIDRATADOR SOLAR”**

Tesis presentada previa a la obtención del título de Ingeniero eléctrico en sistemas eléctricos de potencia.

Autor: Cruz Herrera Adrián Paul

Director: Ing. Eléc. Marcelo Barrera.





FORMULARIO DE LA APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Informe de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante:

- Cruz Herrera Adrián Paul

Con la tesis, cuyo título es: **"AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO EFICIENTE MEDIANTE UN CONTROL ELÉCTRICO APLICADO A UN DESHIDRATADOR SOLAR"**

Ha considerado las recomendaciones oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al **Acto de Defensa de Tesis** en la fecha y hora señalada.

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

Latacunga, 20 de Noviembre del 2014

Para constancia firma:


Ing. Xavier Proño
PRESIDENTE


Dr. Marcelo Bautista
MIEMBRO



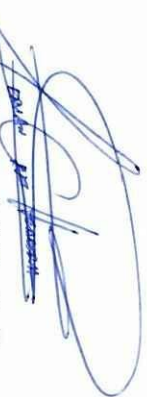

Ina. Marcelo Barrera

AUTORÍA

Yo, Cruz Herrera Adrián Paul con CI. N° 0503107153, declaro que el trabajo descrito es de mi completa autoría, que he consultado las referencias bibliográficas y sitios web.

Que los criterios emitidos en el presente trabajo de investigación, contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuestas son de exclusiva responsabilidad del autor.

Latacunga, 18 de Noviembre del 2014



Cruz Herrera Adrián Paul
CI. N° 0503107153

HONORABLE CONSEJO ACADÉMICO DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA
DE COTOPAXI.

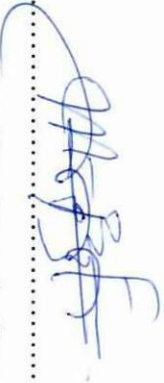
De mi consideración:

Cumpliendo con lo estipulado en el Reglamento del Curso Profesional de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Capítulo V, (Art. 9 literal f), me permito informar que el postulante **Cruz Herrera Adrián Paul** ha desarrollado su Tesis de Grado de acuerdo al planteamiento formulado en el Anteproyecto de Tesis con el tema: "AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO EFICIENTE MEDIANTE UN CONTROL ELÉCTRICO" APLICADO A UN DESHIDRATADOR SOLAR", cumpliendo sus objetivos respectivos.

En virtud de lo antes expuesto, considero que la presente Tesis de Grado se encuentra habilitada para presentarse al acto de defensa.

Latacunga, 18 de Noviembre del 2014

EL DIRECTOR



.....

Ing. Eléc. Marcelo Barrera

C.C. 180184877-9

DIRECTOR DE TESIS

En calidad del asesor metodológico del Trabajo de Investigación sobre el tema:

“AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO EFICIENTE MEDIANTE UN CONTROL ELÉCTRICO” APLICADO A UN DESHIDRATADOR SOLAR”, de Adrián Paul Cruz Herrera, egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica, considero que dicho informe investigativo cumple con los requerimientos Metodológicos y aportes Científicos – Técnicos suficientes para ser sometida a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo Académico de la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 18 de Noviembre del 2014



Dr. Galo Terán

C.C. 050067610-1

ASESOR METODOLÓGICO

AGRADECIMIENTO

Primamente agradezco a Dios, a mis padres quienes desde un principio fueron el pilar fundamental para lograr esta meta en mi vida, meta que representa el inicio de una vida de logros, a toda mi familia y amigos que desinteresadamente me extendieron la mano para culminar con éxito este carrera, un agradecimiento muy especial a mi amigo, mi guía y un gran profesional que ahora no está ya con nosotros espero que donde se encuentre Ing. Klever Mayorga pueda ver el triunfo que de su mano logre alcanzar.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por haberme dado la oportunidad de pertenecer a tan prestigiosa institución, y en especial a la Unidad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, en la carrera de Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia, que en el transcurso de estos años supo brindarnos conocimientos para una formación profesional y ser personas útiles a la sociedad y sobre todo para el país.

ADRIÁN CRUZ

DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, ya que él ha puesto sabiduría en mí y me ha sabido guiar pues en cada tropiezo que he tenido cada vez que he caído él me ha levantado y me ha llenado de fortaleza para continuar

Por el sacrificio ese amor incondicional, esa mano extendida llena de cariño, esa mirada llena de sufrimiento por el dolor que ha tenido que pasar para que sus hijos triunfen, porque usted madre me enseñó a ser fuerte en la vida, porque usted puso su felicidad por la mía por ese inmenso sacrificio que hizo por mi dedico hoy este triunfo a mi madre Graciela Herrera, Como también lo dedico a mi familia a mi padre Segundo Cruz, y a todas las personas que valoraron lo que vieron en mí y me apoyaron.

ADRIÁN CRUZ

ÍNDICE GENERAL

	PAG.
PORTADA.....	i
AUTORÍA.....	ii
AVAL DEL DIRECTOR.....	iii
AVAL DEL asesor METODOLÓGICO.....	iv
CERTIFICACIÓN DE ABSTRACT.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	1
1.1 ENERGÍA RENOVABLE.....	1
1.1.1 Definición.....	1
1.1.2 Energía alternativa.....	1
1.2 ENERGÍA SOLAR.....	3
1.2.1 Diferentes formas en las que llega la radiación a nuestro planeta....	3
1.2.2 Irradiación solar.....	6
1.2.2.1 Tabla de Irradiación promedio para Latacunga.....	7
1.2.3 Principales usos de la energía solar.....	8
1.2.4 Energía solar térmica.....	9
1.2.4.1 Tipos de aprovechamiento de la energía solar térmica.....	10
1.2.5 Colector solar.....	11
1.2.5.1 Clasificación de los colectores solares para calentamiento de aire.....	11

1.3.2.1 Control de lazo abierto	14
1.3.2.2 Control de lazo cerrado	15
1.3.3 Elementos básicos de un sistema de control	16
1.4 DESHIDRATAR ALIMENTOS	19
1.4.1 Definición.....	19
1.4.2 Métodos de deshidratación.....	20
CAPITULO II	24
2 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN y ANÁLISIS de resultados	24
2.1 METODOLOGÍA	24
2.1.1 Metodología de investigación	24
2.1.2 Técnicas de investigación	25
2.2 DETERMINACION DE PARAMETROS PRINCIPALES DEL SISTEMA SOLAR TERMICO	26
2.2.1 Datos de temperatura y humedad en el colector	27
2.2.2 Datos de temperatura y humedad en la cámara u horno de deshidratación.	28
2.3 hipótesis técnica	29
2.4 SELECCIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA	30
2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	30
2.5.1 Encuesta	30
2.5.2 Análisis e interpretación de los resultados obtenidos de la encuesta aplicada a la población del barrio Brazales.....	31
2.5.2 Verificación de la hipótesis.....	41
3.3 JUSTIFICACIÓN	48
3.4 FACTIBILIDAD	49
3.4.1 Factibilidad Económica.....	49
3.5 desarrollo de la propuesta.....	49
3.5.1 Cálculo del colector solar	49

3.5.2	Diseño del sistema de control eléctrico.....	61
3.5.2.1	Elementos que constituyen el sistema de control.....	61
3.5.2.2	Elaboración del sistema de control	63
3.5.2.2.1	Diagrama de control y conexión del LOGO SIEMENS 230RC	65
3.5.3	COMPARACIÓN de datos y VERIFICACIÓN de la HIPÓTESIS TÉCNICA	66
3.5.3.1	Datos de temperatura y humedad del colector	66
3.5.3.2	Datos de temperatura y humedad del horno deshidratador.....	68
3.5.3.3	Verificación de la hipótesis técnica.....	69
3.5.3.4	Resultados del proceso de deshidratación de la manzanilla.....	71
3.5.4	Análisis económico	73
3.5.4.1	Listado y costo de materiales.....	73
3.5.4.2	Tiempo de vida útil del prototipo.....	74
3.5.4.3	Costos operativos para la producción de té de manzanilla.....	75
3.5.4.4	Análisis del costo beneficio.....	77
3.5.4.5	Comparación de costos de producción del té de manzanilla en un deshidratador convencional y uno automatizado.....	78
CONCLUSIONES	.....	80
RECOMENDACIONES	.....	81
BIBLIOGRAFIA CITADA	.....	82
BIBLIOTECA VIRTUAL	.....	83
GLOSARIO	.....	84
ANEXOS	.....	85

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores de Irradiación Solar de Colopaxi y Latacunga.	7
Tabla 2. Temperatura y tiempo de deshidratación.	23
Tabla 3. Datos de temperatura y humedad.	27
Tabla 4. Datos de temperatura y humedad.	28
Tabla 5. Valoración de opciones pregunta #1	32
Tabla 6. Valoración de opciones pregunta #2	33
Tabla 7. Valoración de opciones pregunta #3	34
Tabla 8. Valoración de opciones pregunta #4	35
Tabla 9. Valoración de opciones pregunta #5	36
Tabla 10. Valoración de opciones pregunta #6	37
Tabla 11. Valoración de opciones pregunta #7	38
Tabla 12. Valoración de opciones pregunta #8	39
Tabla 13. Valoración de opciones pregunta #9	40
Tabla 14. Tabla de marginales	41
Tabla 15. Datos de temperatura y humedad	67
Tabla 16. Datos de temperatura, humedad y diferencias.	68
Tabla 17. Datos de temperatura, humedad y porcentajes de aumento de temperatura y disminución de humedad.	70
Tabla 18. Temperaturas y tiempo deshidratación.	70
Tabla 19. Costos de fabricación del deshidratador solar.	74
Tabla 20. Tiempo de vida útil del prototipo.	75
Tabla 21. Costo operativo para la producción de té de manzanilla.	76
Tabla 22. Costo unitario de cada bolsita de té.	76
Tabla 23. Costo de producción por caja.	77
Tabla 24. Margen de ganancia.	78
Tabla 25. Comparación de un deshidratador convencional y uno automatizado.	79

INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Radiación solar.....	4
Figura N° 2. Conjunto de piranómetros.....	5
Figura N° 3. Datos de Irradiación Solar Global Anual Promedio en el Ecuador. .	6
Figura N° 4. Datos de Irradiación Solar Global Anual Promedio en Latacunga..	7
Figura N° 5. Usos y aplicaciones de la energía solar.....	8
Figura N° 6. Elementos de un captador solar térmico	9
Figura N° 7. Sección longitudinal de un colector solar con aire circulante por arriba de la placa colector.	12
Figura N° 8. Sección longitudinal de un colector solar con aire circulante por debajo de la placa colector.....	12
Figura N° 9. Sección longitudinal de un colector solar con aire circulante por arriba y por debajo de la placa colector.....	13
Figura N° 10. Control en lazo abierto.....	14
Figura N° 11: Control en lazo cerrado.....	15
Figura N° 12: Logo Siemens 230RC	16
Figura N° 13: Controlador de temperatura	17
Figura N° 14: Ventilador	18
Figura N° 15: Valvula solenoide	18
Figura N° 16. sensor de temperatura PT100	19
Figura N° 17. Puntos de medición en el sistema solar térmico.	26
Figura N° 18. Dimensiones del colector solar.	59
Figura N° 19. Dimensiones de la placa colector.....	59
Figura N° 20. Vista del colector solar construido.....	60
Figura N° 21. Horno de deshidratacion	60
Figura N° 22. Sistema solar termico	61
Figura N° 23. Logo SIEMENS 230RC	62
Figura N° 24. Sensor de humedad y temperatura	62
Figura N° 25. Rele SIEMENS	63

Figura N° 30. Medición de temperatura.	67
Figura N° 31. Medición de temperatura en el Deshidratador	68
Figura N° 32. Ubicación de la manzanilla fresca en la bandeja de deshidratación.	71
Figura N° 33. Colocación de la bandeja en el horno de deshidratación.	72
Figura N° 34. Producto deshidratado.	72
Figura N° 35. Comparación de producto inicial con el final.	73
Figura N° 36. Medición de la temperatura en el colector solar.	88
Figura N° 37. Montaje y conexión de los elementos de control eléctrico	88
Figura N° 38. Conexión de los ventiladores del colector	89
Figura N° 39. Transferencia del sistema de control elaborado en la PC al logo..	89
Figura N° 40. Vista frontal del deshidratador solar.	90

Gráfico 1. Curva de comportamiento de la temperatura y humedad en el colector	27
Gráfico 2. Curva de comportamiento de la temperatura y humedad en el horno de deshidratación.	29
Gráfico 3. Opciones de porcentaje pregunta #1	32
Gráfico 4. Opciones de porcentaje pregunta #2	33
Gráfico 5. Opciones de porcentaje pregunta #3	34
Gráfico 6. Opciones de porcentaje pregunta #4	35
Gráfico 7. Opciones de porcentaje pregunta #5	36
Gráfico 8. Opciones de porcentaje pregunta #6	37
Gráfico 9. Opciones de porcentaje pregunta #7	38
Gráfico 10. Opciones de porcentaje pregunta #8	39
Gráfico 11. Opciones de porcentaje pregunta #9	40

El presente trabajo de graduación tiene como propósito la construcción de un sistema solar térmico automatizado y monitoreado mediante un control eléctrico aplicado aun deshidratador, para fomentar el emprendimiento de la investigación y el desarrollo de aplicaciones para las energías renovables, enfocado a la formación de microempresas.

El proyecto estará formado por las siguientes partes: el sistema solar térmico, sistema de control eléctrico y sistema de generación fotovoltaica.

Sistema solar térmico está formado de un colector solar y un horno de deshidratación, construido con materiales que se los puede hallar fácilmente en el medio y también materiales reciclados.

Sistema de control eléctrico que se realizara mediante un logo SIEMENS 230RC, el que maneja las señales de sensores de temperatura Pt100, sensores de humedad

Dht11, el monitoreo se lo realizara con un controlador de temperatura y humedad, como actuadores se tendrá ventiladores.

Como parte de este trabajo investigativo, se construyó un prototipo para lo cual se realizó los siguientes estudios:

- Diseño del sistema solar térmico.
- Diseño del sistema de control eléctrico.

ABSTRACT

The present research has as purpose the building of a solar thermal system automated and monitored through an electrical control applied to a dehydrator, in order to encourage the research and development of applications for renewable energy, focusing on the formation of micro companies.

The project will consist in the following parts: the solar thermal system, electric control system and photovoltaic generation system.

Solar thermal system consists of a solar collector and drying oven, built with materials that they can be easily found in the environment and recycled materials.

Electrical control system it will be made by SIEMENS 230RC logo, which handle signals Pt100 temperature sensors, humidity sensors

DHT11, monitoring would take place with a temperature controller and humidity, as actuators have fans.

Photovoltaic generation system, it is designed to supply power to the electrical control system consists of 2 solar panels, a voltage regulator, a battery bank and an inverter.

As part of this research work, a prototype for which the following studies was built:

- Design of the solar thermal system.
- Design of the electrical control system.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Latacunga – Cotopaxi – Ecuador

CERTIFICACIÓN DE ABSTRACT

Por el presente tengo a bien certificar que la traducción al idioma inglés del resumen de la tesis “AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO EFICIENTE MEDIANTE UN CONTROL ELÉCTRICO APLICADO A UN DESHIDRATADOR SOLAR”, Lo realizo bajo mi supervisión y se encuentra correctamente traducido bajo la estructura del idioma inglés.

Los interesados pueden hacer uso de este certificado como mejor convenga a sus intereses.

Latacunga, 18 de Noviembre del 2014

Docente:

En los últimos años los principales problemas que afronta la humanidad son fundamentalmente una escasez cada vez mayor de alimentos, contaminación ambiental, deforestación y un paulatino agotamiento de los recursos naturales. Todo esto se va acentuando por la crisis energética provocada por las fluctuaciones del precio del petróleo, el cual en gran parte es causado por el agotamiento de los recursos fósiles no renovables; y una demanda de energía cada vez mayor. Por lo que resulta importante el fomentar el uso de energías renovables, como es el de la energía solar.

Siendo Ecuador un país rico en recursos naturales y teniendo la ventaja que el País está situado en la línea equinoccial donde la luz del sol cae perpendicularmente y se puede aprovechar de mayor manera la energía del sol, como en el presente caso, del diseño de un sistema de control eléctrico para aprovechar eficientemente la energía solar aplicado aun deshidratador.

En este proyecto se describen los antecedentes para el diseño, construcción y automatización de un sistema solar térmico eficiente mediante un control eléctrico aplicado a un deshidratador solar.

En el cual se diseñara y construirá el colector solar, un horno de deshidratación de alimentos como sistema solar térmico.

Luego se tendrá la parte de automatización que se realizara en el sistema mencionado y mediante un control eléctrico.

Para todo este sistema se va a proveer de energía eléctrica a través de la red eléctrica, todo esto se enfocara al consumo mínimo y eficiente.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

1.1 ENERGÍA RENOVABLE

1.1.1 Definición

José Manuel Casas (2007) menciona que:

Se denomina energía renovable aquella energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, ya sea por la inmensa cantidad de energía que contienen, o porque son capaces de regenerarse por medios naturales. Entre la clasificación de la energías renovables se cuentan la hidroeléctrica, eólica, solar, geotérmica, mareomotriz, la biomasa y los biocombustibles. (p. 165)

1.1.2 Energía alternativa

Otto Lopez (s.f) dice:

Un concepto similar, pero no idéntico es el de la energía alternativa: precisamente

El consumo de energía es uno de los grandes medidores del progreso y bienestar de una sociedad. El concepto de "crisis energética" aparece cuando las fuentes de energía de las que se abastece la sociedad se agotan. Un modelo económico como el actual, cuyo funcionamiento depende de un continuo crecimiento, exige también una demanda creciente de energía.

Puesto que las fuentes de energía fósil y nuclear son finitas, es inevitable que en un determinado momento la demanda no pueda ser abastecida y todo el sistema colapse, salvo que se descubran y desarrollen otros nuevos métodos para obtener energía: éstas serían las energías alternativas.

Por otra parte, el empleo de las fuentes de energía actuales tales como el petróleo, gas natural o carbón acarrea consigo problemas como la progresiva contaminación, o el aumento de los gases invernadero.

La discusión energía alternativa/conventional no es una mera clasificación de las fuentes de energía, sino que representa un cambio que necesariamente tendrá que producirse durante este siglo. Es importante reseñar que las energías alternativas, aun siendo renovables, también son finitas, y como cualquier otro recurso natural tendrán un límite máximo de explotación.

Por tanto, incluso aunque se pueda realizar la transición a estas nuevas energías de forma suave y gradual, tampoco se va a permitir continuar con el modelo económico actual basado en el crecimiento perpetuo. Es por ello por lo que surge el concepto del Desarrollo sostenible. Dicho modelo se basa en las siguientes premisas:

- El uso de fuentes limpias, abandonando los procesos de combustión convencionales y la fisión nuclear.

- La disminución de la demanda energética, mediante la mejora del rendimiento de los dispositivos eléctricos (electrodomésticos, lámparas, etc.)
- Reducir o eliminar el consumo energético innecesario. No se trata sólo de consumir más eficientemente, sino de consumir menos, es decir, desarrollar una conciencia y una cultura del ahorro energético y condena del despilfarro.

La producción de energías limpias, alternativas y renovables no es por tanto una cultura o un intento de mejorar el medio ambiente, sino una necesidad a la que el ser humano se va a ver abocado, independientemente de su opinión, gustos o creencias.

1.2 ENERGÍA SOLAR

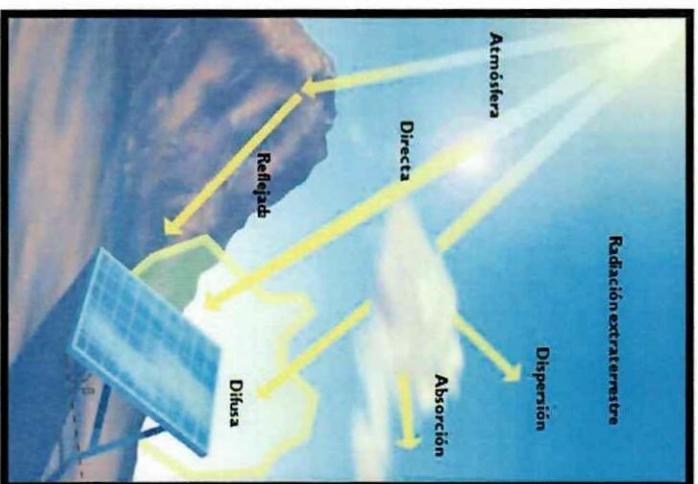
1.2.1 Diferentes formas en las que llega la radiación a nuestro planeta

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A (2008) afirma que:

El Sol, de forma directa o indirecta, es el origen de todas las energías renovables, exceptuando la energía mare- motriz y la geotérmica. La energía del Sol se desplaza a través del espacio en forma de radiación electromagnética. Llegando una parte de esta energía a la atmósfera. (p. 50)

De esta energía que llega a la atmósfera, una parte es absorbida por la atmósfera y por el suelo, y otra parte es reflejada directamente al espacio desde el suelo.

Es por esto por lo que menos de la mitad de la radiación solar llega efectivamente



Fuente: Energíass renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico ce Canarias

En la (Figura N° 1). Se puede observar como los rayos del sol atraviesan nuestra atmósfera y se va perdiendo en ese trayecto la incidencia de estos en el plano descaado debido a las nubes a las superficies del medioambiente.

- ***Radiación directa***

Es aquella radiación que llega directamente del Sol; sin haber incidido con nada por el camino y, por tanto, sin haberse desviado ni cambiado de dirección. La mencionada radiación es la que produce las sombras. Es el tipo de radiación predominante en un día soleado.

- ***Radiación difusa***

atmosfera (polvo, nubes, contaminantes, etc.), por lo que no cambia de dirección. Es el tipo de radiación predominante en un día nublado. (p.50)

- ***Radiación reflejada***

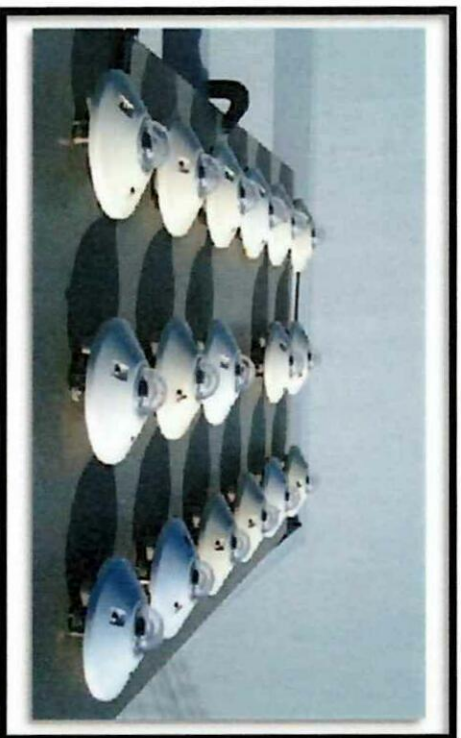
Es la radiación reflejada por la superficie terrestre; cobra importancia en las zonas con nieve, con agua (como cerca del mar o de una presa) o cualquier otra zona donde la reflexión sea importante.

- ***La radiación global***

Es la suma de la radiación directa y la radiación difusa. Para medir la radiación solar que llega a la superficie terrestre se utiliza los siguientes instrumentos:

- ***Piranómetro***: mide la radiación global o la difusa, según se le ponga un anillo de sombra (difusa) o no (global), los cuales se puede observar en la (Figura N°2).

Figura N° 2. Conjunto de piranómetros

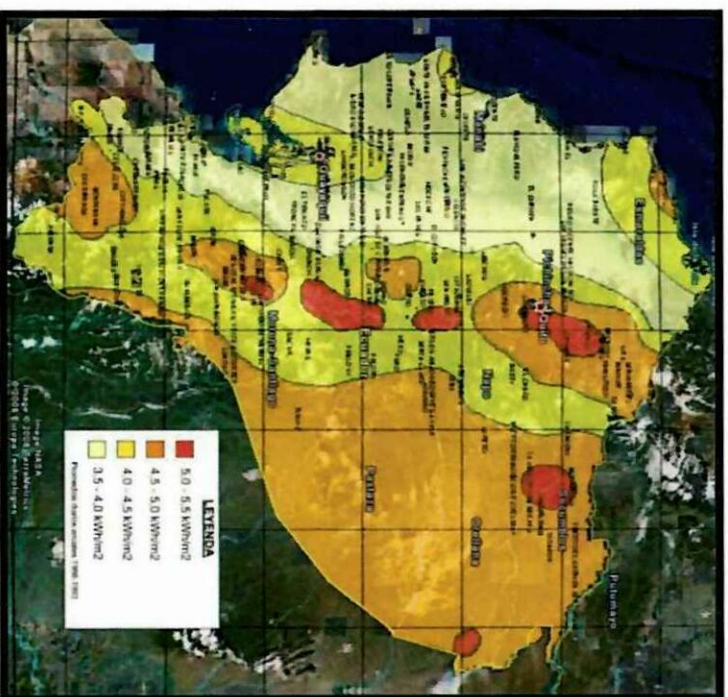


Fuente: Energías renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico de Canarias

- ***Pirheliómetro***: mide la radiación directa.

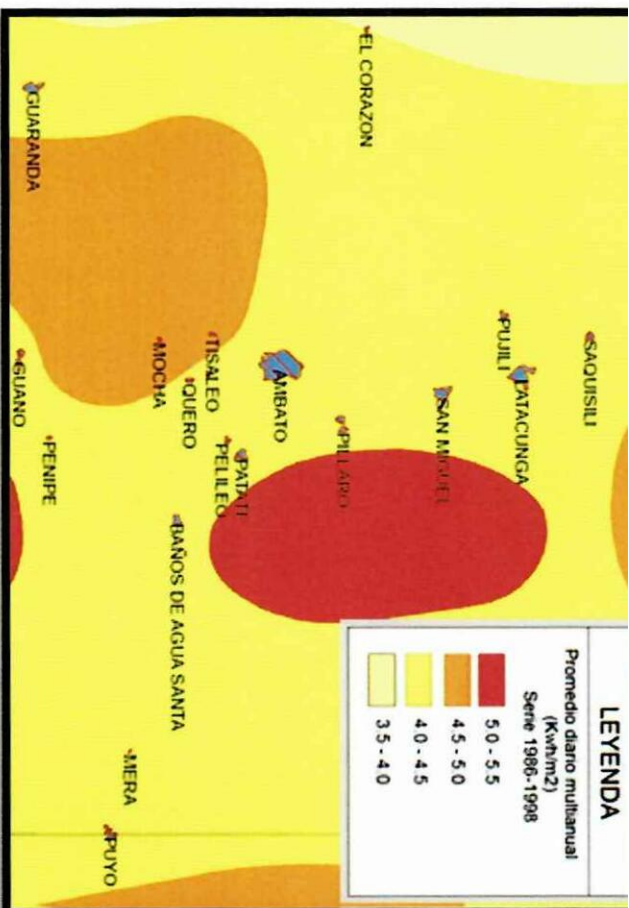
La Irradiación representa la cantidad de potencia por unidad de superficie, con el fin de proporcionar un estándar en la industria fotovoltaica, FV, mediante los valores se puede dimensionar el sistemas fotovoltaicos con una medida estándar es así que en el Ecuador se tiene los siguientes valores promedios de irradiación solar como lo muestra la (Figura N° 3).

Figura N° 3. Datos de Irradiación Solar Global Anual Promedio en el Ecuador.



Fuente: (<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2239/1/CD-2536.pdf>, pág. 20).

En la ciudad de Latacunga existe un gran promedio de irradiación como se lo observa en la (Figura N° 4).



Fuente: (http://www.inamhi.gob.ec/mapas/3%20Irradiacion%20global_A0.pdf)

1.2.2.1 Tabla de Irradiación promedio para Latacunga

En la (Tabla 1) se tiene los valores de irradiación promedio mensual durante 10 años y viene dada en kW/m^2 , se cuenta con el valor fluctuante entre días nublados y despejados con estos valores se puede dimensionar un sistema ya que conoce el comportamiento general que ha tenido la irradiación en el cantón.

Tabla 1. Valores de Irradiación Solar de Cotopaxi y Latacunga.

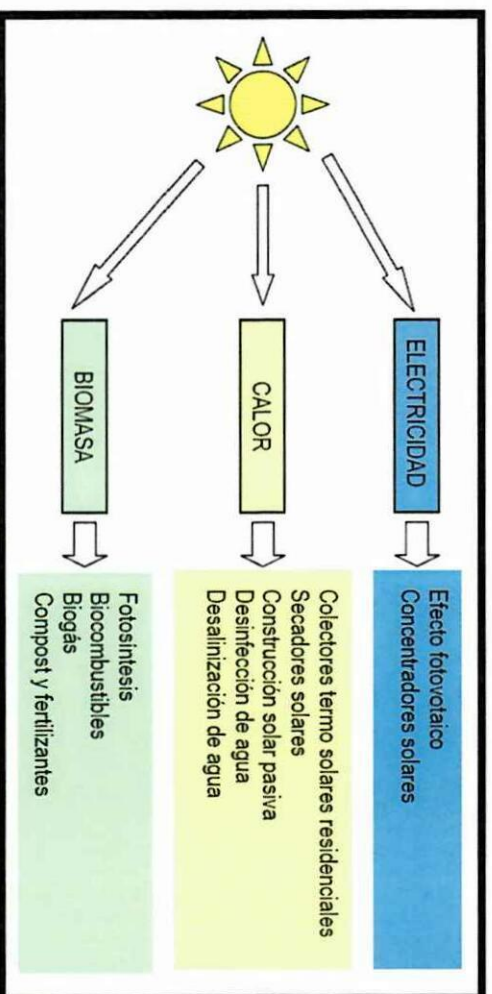
UBICACIÓN	TABLA DE IRRADIACIÓN SOLAR MENSUAL Y PROMEDIA DURANTE 10 AÑOS (Kwh/m ²)														
	LAT.	LONG.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
COTOPAXI	1 S	79 W	3,73	3,98	4,05	3,88	3,74	3,47	3,71	3,97	3,98	3,77	3,88	3,79	3,83
LATACUNGA	0,92 S	78,62 W	4,47	4,38	4,21	4,01	4,07	4,09	4,32	4,53	4,44	4,51	4,44	4,37	4,32
QUITO	0,22 S	78,48 W	4,48	4,6	4,68	4,35	4,55	4,28	5,22	5,1	5,11	4,68	4,39	4,69	4,68

La energía procedente del Sol se ha utilizado, directa o Indirectamente, desde hace siglos en numerosas actividades: agricultura, arquitectura, industria, etc.

El Sol puede aprovecharse energéticamente de dos formas conceptualmente diferentes:

- Como fuente de calor: energía solar térmica de baja y media temperatura.
- Como fuente de electricidad: energía solar fotovoltaica y solar térmica de alta temperatura.

Figura N° 5. Usos y aplicaciones de la energía solar.



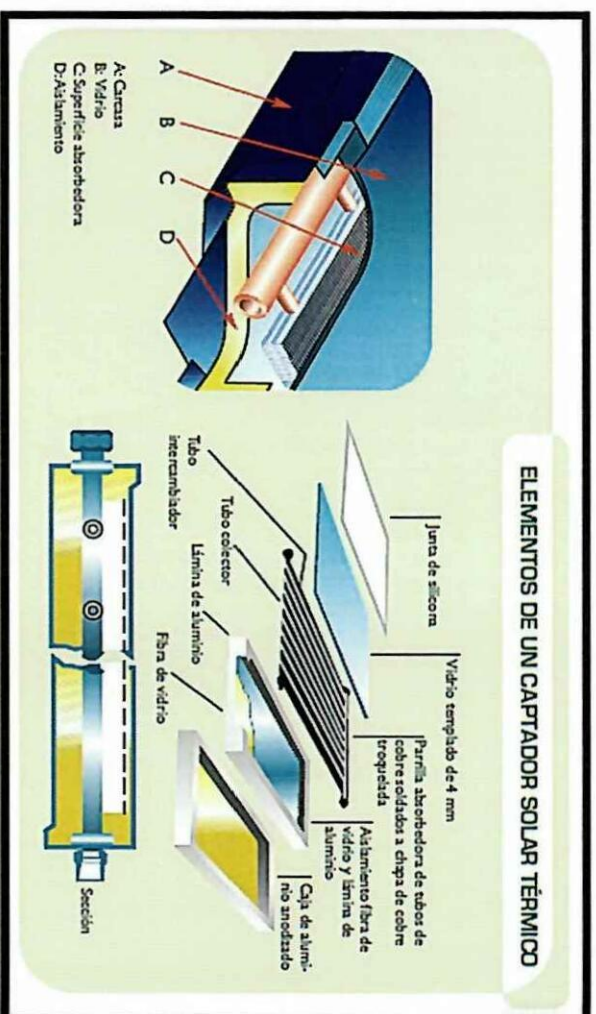
Fuente: ENERGÍAS RENOVABLES Conceptos y Aplicaciones, Santiago J. Sánchez Miño

En la (Figura N° 5). Se puede ver las aplicaciones detalladas que se le puede dar a la energía solar.

La energía solar térmica aprovecha el calor que proviene del sol, el principio básico de funcionamiento de estos sistemas solares es sencillo: la radiación solar se capta y el calor se transfiere a un fluido (generalmente agua o aire). Para aprovechar la energía solar térmica se usa el captador solar, también denominado colector o placa solar.

El fluido calentado se puede usar directamente (por ejemplo, para calentar agua en piscinas) o indirectamente mediante un intercambiador de calor (por ejemplo, en el caso de la calefacción de una habitación).

Figura N° 6. Elementos de un captador solar térmico



Fuente: Energías renovables y eficiencia energética, Instituto Tecnológico de Canarias

El colector es el elemento que capta la energía solar y normalmente consta de los siguientes elementos como se los puede ver en la (Figura N°6) y se los menciona a continuación:

que suele ser de color negro.

- Aislamiento térmico, para evitar las pérdidas de temperatura.
- Carcasa externa, para su protección.

El colector solar basa su funcionamiento en el efecto invernadero: la radiación solar – rayos solares – (onda corta) incide en el vidrio y lo atraviesa y es absorbida por una superficie que se calienta. Esta superficie emite, a su vez, calor –radiación térmica– (onda larga); no obstante este tipo de onda no puede atravesar el vidrio, por lo que se queda atrapada dentro del colector.

1.2.4.1 Tipos de aprovechamiento de la energía solar térmica

Instituto Tecnológico de Canarias, S.A (2008) afirma que:

La energía solar térmica se utiliza principalmente para calentar fluidos, normalmente agua. Dependiendo de la temperatura final alcanzada por el fluido a la salida, las instalaciones se dividen en:

- ***Baja temperatura.*** Son las más extendidas y se destinan a aquellas aplicaciones que no exigen temperaturas del agua superiores a los 90 °C, como, por ejemplo, la producción de agua caliente sanitaria (ACS) para viviendas y polideportivos, apoyo a la calefacción de viviendas, calentamiento de agua para piscinas, etc.

- ***Media temperatura.*** Destinada a aquellas aplicaciones que exigen temperaturas del agua comprendidas entre 80 °C y 250 °C, como, por ejemplo, el calentamiento de fluidos para procesos industriales y la

1.2.5 Colector solar

Este es un dispositivo en el que tiene lugar la transferencia de la energía calorífica solar en este caso la transferencia será mediante flujo de aire, que al cruzar por la placa colectora va llevando con el parte de la temperatura acumulada.

1.2.5.1 Clasificación de los colectores solares para calentamiento de aire.

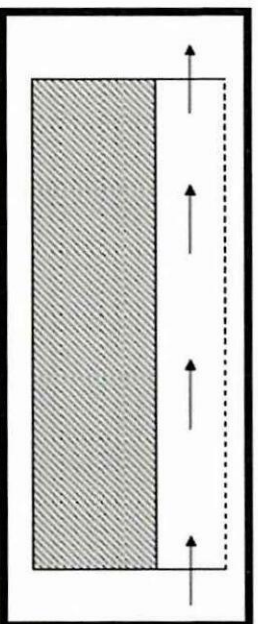
De la diversidad de colectores para calentamiento de aire, se puede hacer la siguiente clasificación:

- a) Según el número de cubiertas:
 - De una cubierta: Invernaderos, secadores de madera, de leña, de productos agrícolas.
 - De dos cubiertas: Deshidratadores de frutas, estufas solares.
- b) Por los materiales con los que se construye la placa colectora:
 - Metálicos: Láminas metálicas (aluminio, cobre, tol).
 - Plásticos: Películas de polietileno negro, pvc laminado.
 - Pétreos: Rocas, cemento, arena de mar.
- c) Por el grado de contacto entre la placa colectora y el aire:
 - De área expandida: Láminas onduladas, láminas corrugadas en forma de "V", ducto aleteado.

- Aire arriba de la placa colectora (Figura N° 7)
- Aire debajo de la placa colectora (Figura N° 8)
- Aire arriba y abajo la placa colectora (Figura N° 9)

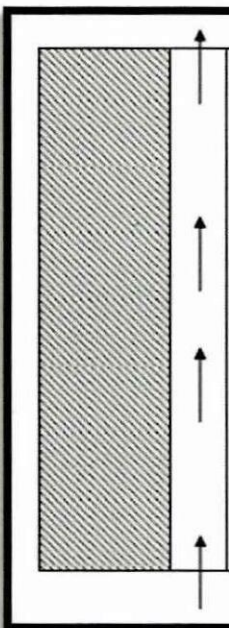
De estos tipos de colectores, el más conveniente es aquel en el cual el aire circula por debajo de la placa colectora, la conveniencia se debe a que el aire lleva consigo partículas de polvo, y si este pasa por encima de la placa colectora, el polvo se deposita sobre esta, con lo que se provocaría la pérdida de absorberencia de la placa colectora, por ende disminuye el rendimiento térmico del colector.

Figura N° 7. Sección longitudinal de un colector solar con aire circulante por arriba de la placa colectora.



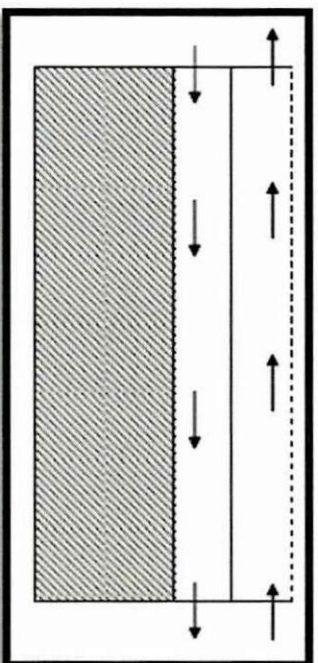
Fuente: A DUFFIE JOHN, and A BECKMAN WILLIAM, Solar Ternal Energy Processes

Figura N° 8. Sección longitudinal de un colector solar con aire circulante por debajo de la placa colectora.



Fuente: A DUFFIE JOHN, and A BECKMAN WILLIAM, Solar Termal Energy Processes

Figura N° 9. Sección longitudinal de un colector solar con aire circulante por arriba y por debajo de la placa colectora.



Fuente: A DUFFIE JOHN, and A BECKMAN WILLIAM, Solar Termal Energy Processes

1.2 SISTEMAS DE CONTROL ELECTRICO

1.3.1 Definición

Facultad de Ingeniería Universidad de Buenos Aires (s.f) dice:

Un sistema de control manipula indirectamente los valores de un sistema

controlado. Su abiativa es gobernar un sistema sin que el operador intervenga

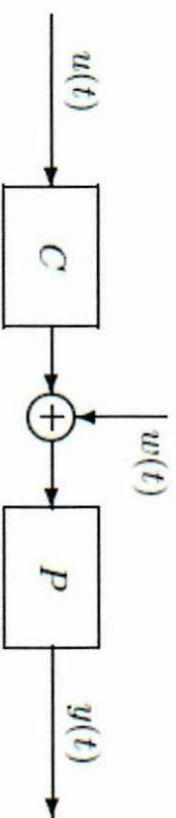
1.3.2 Clasificación de sistemas de control

1.3.2.1 Control de lazo abierto

Los sistemas de control de lazo abierto son aquellos en los que la salida no tiene efecto sobre la acción del controlador, es decir, la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Por lo tanto, para cada valor de referencia corresponde una condición de operación fijada. Así, la exactitud del sistema, depende de la calibración.

Parámetros de un sistema de control en lazo abierto (Figura N° 10) la entrada $u(t)$ actúa directamente sobre el dispositivo de control (controlador) C del sistema para producir el efecto deseado en la variables de salida, aunque sin comprobar el valor que toma dicha variable.

Figura N° 10. Control en lazo abierto



Fuente: Automatización de procesos industriales (REPASO DE TEORIA DE CONTROL), José

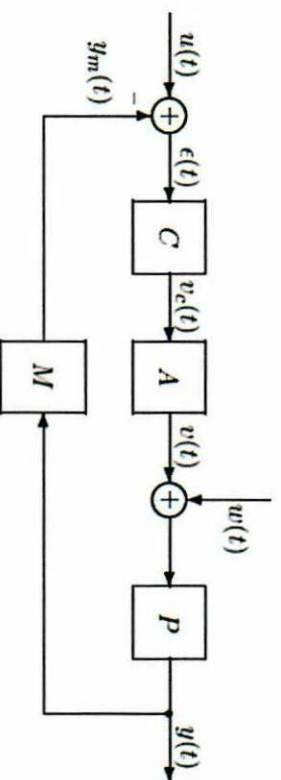
Mari Gonzales

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción del controlador. La señal de error actuante, (que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación) entra al control para reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. En otras palabras el término "lazo cerrado", implica el uso de acción de realimentación para reducir el error del sistema.

José M. Gonzales (2002) dice que:

Parámetros de un control en lazo cerrado tiene una entrada $u(t)$, llamada de referencia o de consigna, que sirve para introducir en el sistema el valor deseado para la salida $y(t)$. Esta salida se mide con un de captador M y dicha medida $y_m(t)$ se compara con el valor $u(t)$ de la entrada de referencia. La diferencia $e(t) = u(t) - y_m(t)$ entre ambos valores incide sobre el dispositivo controlador C y la salida de este, $v_c(t)$, sobre el elemento actuador A a su vez ejerce la debida acción sobre planta P en el sentido de corregir la diferencia $e(t)$. En la (Figura N° 11) se ha representado un sistema de control en lazo cerrado. (p.7)

Figura N° 11: Control en lazo cerrado



Fuente: Automatización de procesos industriales (REPASO DE TEORIA DE CONTROL), José

Mari Gonzales

José M. Gonzales (2002) dice que:

con feedback sin conocer previamente su modelo matemático. (p.7)

1.3.3 Elementos básicos de un sistema de control

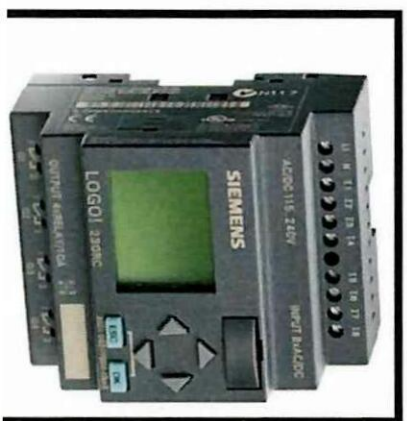
Los sistemas de control se pueden realizar con diversas tecnologías (mecánica, neumática, electrónica, etc.) pero sus elementos esenciales, indicados a continuación, son siempre los mismos.

Entradas: son los terminales que tiene el sistema de control por los que puede recibir estímulos que influyen en su evolución. Pueden ser

- Entradas de mando o de control: sirven para introducir órdenes.
- Entradas de referencias o consigna: son entradas de mando que imponen los valores deseados a sus correspondientes salidas.
- Entradas perturbadoras: son entradas que reciben estímulos indeseados.

La (Figura N° 12), muestra un elemento de entrada como lo es el Logo Siemens 230RC, que maneja un lenguaje de programación LADDER, en el cual se puede dar una variedad de aplicaciones para diferentes automatizaciones, este dispositivo pertenece a la entrada de mando o control.

Figura N° 12: Logo Siemens 230RC



una máquina.

Planta: es el objeto que se desea controlar. Es un conjunto de componentes y piezas ensamblados entre sí y que cumplen una determinada función.

Proceso: es una serie de operaciones que se realizan sobre uno o varios objetos con un fin determinado.

Perturbaciones: Son alteraciones que se pueden producir en los componentes de una planta o proceso.

Controlador: Es un dispositivo que procesa la señal $e(t)$, es decir la diferencia entre la entrada de referencia $u(t)$ y la medida de la salida $y_m(t)$, y produce una señal de salida $v(t)$ adecuada para controlar la planta.

En la (Figura N° 13) se muestra un equipo controlador de temperatura o humedad, en estos dispositivos se puede introducir parámetros de referencia para que el sistema de control actúe en base a este y recibiendo las señales de sensores sean de temperatura o de humedad por citar algunos, para realizar la comparación con el parámetro fijado y así actuar enviando una señal a un relé para que realice la apertura o el cierre de un circuito eléctrico.

Figura N° 13: Controlador de temperatura



potencia, y la aplica a la planta o proceso como lo son las (Figura N° 14) y (Figura N° 15)

Figura N° 14: Ventilador



Fuente: (<http://www.ibertronica.es/scythe-gentle>)

Figura N° 15: Valvula solenoide



entrada u(t), como lo son los sensores de temperatura mostrado en la (Figura N° 16).

Figura N° 16. sensor de temperatura PT100



Fuente: (<http://spanish.alibaba.com/prodru>)

1.3 DESHIDRATAR ALIMENTOS

1.3.1 Definición

Multiequip Departamento Ingeniería (2014) afirma que: “La deshidratación es extraer artificialmente la mayor parte de la humedad natural, tratando de conservar en la medida de lo posible su color, aroma y sabor original, y su calidad alimentaria”. (p.1)

Evaporar el agua contenida en los alimentos, es una técnica que la humanidad ha

El principio básico consiste en eliminar la elevada concentración de agua del alimento (en las frutas frescas supera el 90% del peso), para impedir que se desarrollen microorganismos y procesos que se nutren de la humedad. Esto da como resultado un alimento concentrado (en frutas pasas, el azúcar pasa del 6-8% al 50% del peso) y de sabor más intenso.

En el contexto de una alimentación viva, es importante disponer de algún sencillo y eficaz sistema para deshidratar alimentos en forma casera, lo cual permitirá varias cosas. Por un lado aprovechar excedentes de alimentos frescos de la forma más eficiente y menos dañina para los nutrientes. Al rehidratar los alimentos desecados, recuperamos prácticamente la total vitalidad del producto fresco.

1.3.2 Métodos de deshidratación

Prama (2012) dice que:

Antiguamente la deshidratación se hacía al aire libre, tanto al sol (rapidez), como a la sombra; este método, aunque más lento, era apreciado por su capacidad de preservar el aspecto original del alimento secado. Durante el siglo pasado se desarrollaron técnicas industriales de alta eficiencia (bajo tiempo y buen aspecto), pero que suelen perjudicar la calidad nutricional, dada las temperaturas utilizadas. (s/n)

Los métodos al aire libre requieren grandes espacios y cierta dosis de paciencia, cosas que hoy resultan difícil de conseguir en este moderno contexto habitacional y laboral. En zonas de clima seco es habitual encontrar gente que practica los métodos tradicionales de secado, en los proverbiales zarzos de caña (eficiente soporte que permite la buena ventilación del alimento a secar) o tendaderos de

estos equipos es que hay que sacarlo al patio todos los días, se depende enteramente del sol, y aún en lugares de alta insolación anual, se pueden ver interrumpidos los procesos de secado por nubosidad o insuficientes horas de sol.

El no contar con estos espacios, ni con la disponibilidad de tiempo que requiere el control del proceso, ni con un clima lo suficientemente seco y estable, hace que se deba buscar soluciones más eficientes. Una alternativa desarrollada en Europa y EEUU son los deshidratadores eléctricos hogareños, que ahora comienzan a aparecer en este medio.

A falta de deshidratador, se puede suplir su presencia con el convencional horno de cocina, calentándolo apenas, introduciendo las bandejas y dejando la puerta del horno ligeramente abierta, para permitir se salga el aire húmedo. Los inconvenientes del horno son: la necesidad de calentar cada tanto para compensar el enfriamiento y el contacto del alimento con residuos tóxicos de la combustión del gas.

El deshidratador de cocina es un dispositivo doméstico de reciente irrupción pero que se basa en una de las tecnologías alimentarias más antiguas. Como su nombre indica, permite extraer el agua de los alimentos, a fin de conservarlos en el tiempo y obtener estructuras apetecibles. La clave de estos equipos radica en el control de temperatura y en la circulación de aire para evacuar la humedad evaporada.

La mayor practicidad la brindan los equipos eléctricos, que merced a la presencia de resistencias de bajo consumo y ventiladores controlados por termostatos, garantizan un flujo constante de aire a temperatura controlada y procesos homogéneos en cuanto a tiempo y resultados. Permiten trabajar dentro de la cocina o lavadero, son de reducido tamaño y estéticamente armónicos con el

son aireadas mediante el flujo continuo generado por un pequeño ventilador y resistencias de bajo consumo; la deshidratación se produce por efecto del flujo laminar constante. A fin de garantizar un buen compromiso entre velocidad y preservación de los nutrientes (el material a deshidratar no debería superar los 60°C) estos equipos están dotados de resistencias y termostatos que mantienen los valores estables y controlados.

Hay equipos que disponen de una regulación de temperatura, lo cual permite una mejor eficiencia de secado, sobre todo en alimentos con elevada humedad. En estos casos y también cuando el equipo está completamente cargado, conviene comenzar con algunas horas (3-4) a temperatura alta (60°C), a fin de forzar una evaporación inicial más rápida, completando luego el proceso a temperatura inferior (40°C). Esto permite acortar el tiempo de secado y con ello evitar desarrollos microbianos (hongos) que se beneficiarían de las condiciones generadas por la alta humedad inicial y las temperaturas de "incubación" (hasta 33°C).

Elevar la temperatura en las primeras horas de secado, permite compensar la inercia térmica inicial del alimento a deshidratar. El alto tenor de humedad al inicio, dificulta la rápida elevación de temperatura del material a secar y con ello se generan las condiciones propicias para el desarrollo de hongos y bacterias (cultivos microbianos de laboratorio trabajan en 30-33°C). Por ello la recomendación de usar temperatura alta por unas horas al inicio y luego, una vez que el material haya entrado en temperatura, bajar a la temperatura inferior.

También se hay que tener en cuenta hacer el proceso sin interrupciones, a fin de evitar las condiciones para el desarrollo microbiano y envasar herméticamente los deshidratados.

Qué deshidratamos:	Tª del aire (Cº)	Horas para deshidratar:
Calabaza	70	6 a 10
Calabacin	70	6 a 10
Puerro	70	7 a 10
Setas silvestres	50	2 a 6
Pimiento	70	8 a 10
Tomates	70	7 a 18
Manzana	70	6 a 10
Albaricoque	70	10 a 18
Cerezas	70	8 a 12
Higos	70	10 a 18
Uvas	70	10 a 18
Mandarinas/naranjas	70	8 a 12
Peras	70	6 a 10
Ciruelas	70	10 a 18
Frambuesas	70	6 a 10
Fresas	70	9 a 14
Hierbas como albahaca, cebollino, cilantro, perejil, romero, salvia, tomillo, manzanilla, oregano, etc.	40	3 a 6
Flores para poupourri o ramos	40	3 a 6
Semillas: tomate, calabaza, frijoles, etc que se almacenan para próximas cosechas	50	Depende de la medida

FUENTE: <http://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/secando-y-deshidratando-frutas-y-vegetales-en-espana/>

2 PRESENTACIÓN, INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS

DE RESULTADOS

2.1 METODOLOGÍA

La metodología es la revisión de método, técnicas y procedimientos utilizados en la investigación. Constituye la vía más rápida para comprender en hecho o fenómeno y resolver un problema de estudio, y permite conocer con claridad la realidad, sea esta para descubrirla o transformarla.

Para el desarrollo de este Proyecto se utilizó métodos y técnicas de investigación por que permitieron hacer diagnósticos y objetivos de la necesidad de buscar nuevas aplicaciones para las energías renovables y su optimización a través de sistemas de control eléctrico.

2.1.1 Metodología de investigación

Los métodos de investigación que se aplicaron en este trabajo de tesis fueron el

El siguiente paso fue estructurar el método científico, que permite seguir esquemáticamente el proceso de la investigación, analizando y detallando el problema, objetivos, hipótesis, variables, procesamiento de datos, y la pertinencia de incluir una propuesta de investigación, defendiendo previamente el anteproyecto. Se utilizó instrumentos técnicos que constituyen elementos que permiten obtener y manejar de una mejor manera la investigación de campo, entre estos se puede anotar, cuadernos, aparatos, libros de registros y otros.

Para desarrollar el capítulo II se ha empleado la investigación de campo, la cual se apoya en informaciones que provienen de la aplicación de técnicas, tales como: Entrevistas, cuestionarios, encuestas y observaciones. Para este caso se utilizó una encuesta.

En el capítulo III se ha utilizado una investigación aplicada, también llamada utilitaria, que plantea problemas concretos que requieren soluciones inmediatas, e igual de específicas, con el fin de llevar las teorías generales a la práctica, resolviendo necesidades de la sociedad.

Además, se empleó el método analítico, que consiste en descomponer el objeto de estudio, separándolos por partes, para estudiarlas de manera individual, es lo que se ha desarrollado, donde cada elemento que conforma el sistema solar térmico automatizado y monitoreado mediante un control eléctrico fue analizado y calculado para obtener los parámetros de diseño.

2.1.2 Técnicas de investigación

Se aplicó la técnica documental, que permite obtener información de fuentes

el estudio, el análisis, el diseño y poder hacer aseveraciones, con el objeto de estudio.

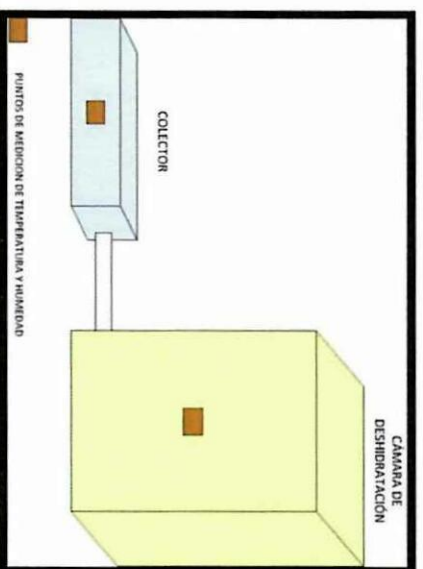
Una de las técnicas más importantes que se utilizó fue la encuesta que se realizó a los habitantes del barrio Brazales, pertenecientes a la parroquia “Eloy Alfaro” cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, constituido por 150 habitantes, para saber si la investigación y el desarrollo de Proyectos como el mencionado puede ser beneficiosos para sus hogares.

2.2 DETERMINACION DE PARAMETROS PRINCIPALES DEL SISTEMA

SOLAR TERMICO

En el presente sistema de estudio se determina los parámetros principales tales como la temperatura y la humedad, los cuales se obtiene mediante la medición en los elementos del sistema. En la (Figura N° 17), se muestran los puntos en los que se realiza las mediciones de temperatura y humedad.

Figura N° 17. Puntos de medición en el sistema solar térmico.



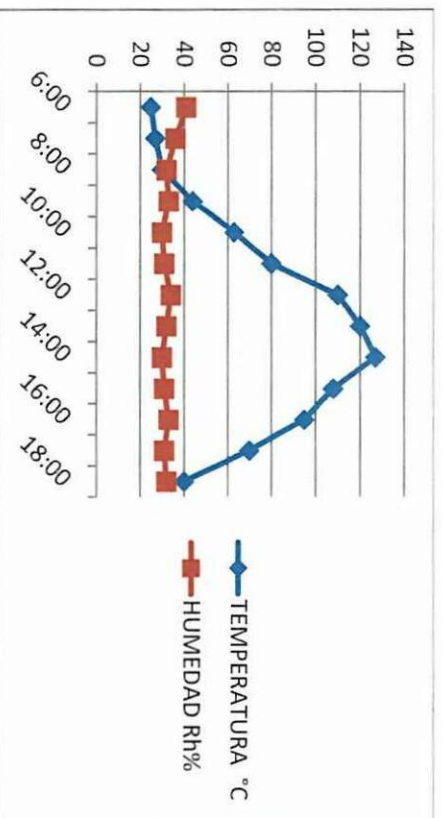
Los datos se obtuvieron mediante mediciones con el Equipo MASTECH MS2000G Clamp meter a lo largo de todo el día en lapsos de una hora desde las 6 am hasta las 6 pm, los datos obtenido de temperatura serán dados en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$) y los de humedad en humedad relativa (Rh%) como lo muestra la (Tabla N $^{\circ}$ 3)

Tabla 3. Datos de temperatura y humedad.

TIEMPO	TEMPERATURA $^{\circ}\text{C}$	HUMEDAD Rh%
06:00	25	41
07:00	27	36
08:00	30	32
09:00	44	33
10:00	63	30
11:00	80	31
12:00	110	34
13:00	120	32
14:00	127	30
15:00	108	31
16:00	95	33
17:00	70	31
18:00	40	32

FUENTE: Elaborado por el tesista.

Gráfico 1. Curva de comportamiento de la temperatura y humedad en el colector



numeada, la temperatura es muy inestable y la humedad no varía tanto tiene un comportamiento normal, los datos en el colector deberían ser uniformes cuando estos alcancen temperaturas óptimas para ser transferidas hacia el horno deshidratador.

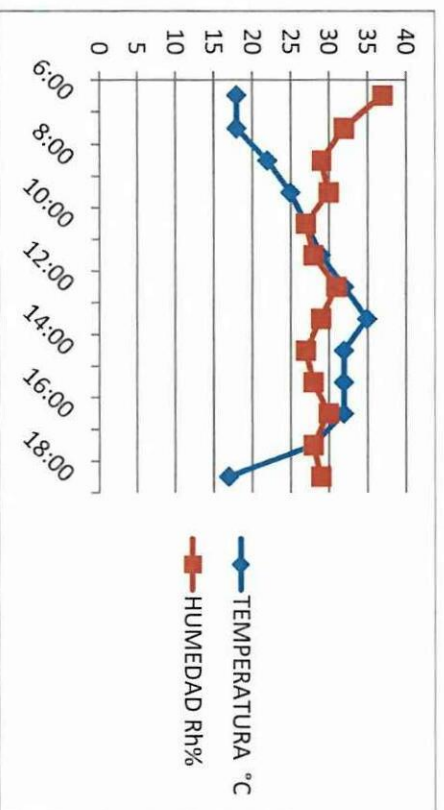
2.2.2 Datos de temperatura y humedad en la cámara u horno de deshidratación.

Los datos se obtuvieron mediante mediciones con el equipo MASTECH MS2000G Clamp meter a lo largo de todo el día en lapsos de una hora desde las 6 am hasta las 6 pm, los datos obtenido de temperatura serán dados en grados celcius (°C) y los de humedad en humedad relativa (Rh%) como lo muestra la (Tabla N°4).

Tabla 4. Datos de temperatura y humedad.

TIEMPO	TEMPERATURA °C	HUMEDAD Rh%
06:00	18	37
07:00	18	32
08:00	22	29
09:00	25	30
10:00	27	27
11:00	29	28
12:00	32	31
13:00	35	29
14:00	32	27
15:00	32	28
16:00	32	30
17:00	28	28
18:00	17	29

FUENTE: Elaborado por el tesista.



FUENTE: Elaborado por el tesista.

En el (Grafico 2), se puede observar el comportamiento de la temperatura y humedad, de igual manera se puede notar que la temperatura es muy inestable y la humedad no varia tanto tiene un comportamiento normal, los datos en el horno de deshidratación beberian ser estables y no fluctuar tanto, ya que en este punto es donde va estar el producto y no se debe tener cambios bruscos de temperatura ni tener una humedad relativa alta.

2.3 HIPOTESIS TECNICA

¿La evaluación de los parámetros principales del sistema solar térmico aplicado a un deshidratador, ayudara a diseñar un nuevo sistema automatizado eficiente a través de un oportuno control eléctrico?

Esta hipótesis será comprobada al final del desarrollo de la propuesta en el Capítulo III.

Para la investigación del proyecto se ha tomado toda la población del barrio Brazales, perteneciente a la parroquia “Eloy Alfaro” cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi, constituido por 150 habitantes.

Los habitantes del mencionado sector permitieron dar confiabilidad al desarrollo del proyecto, ya que sus criterios ayudaron a sustentar la hipótesis planteada por el postulante.

2.5 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

En el desarrollo de esta investigación se efectúa mediante la metodología fundamentada en una investigación de campo, de laboratorio y aplicada; los métodos empleados en el proyecto son: Científico, Descriptivo, Deductivo-Inductivo, en conjunto con la técnica de recolección de información que en este caso se ha tomado la encuesta.

2.5.1 Encuesta

Mediante esta técnica de recopilación de datos, se formula preguntas que permite obtener un mayor certeza de la información en beneficio a la ejecución de este proyecto la misma que consta de 9 interrogantes de tipo cerradas, estrechamente ligadas al proyecto y a los beneficios que puede brindar el mismo.

El modelo de la encuesta aplicada se encuentra en el Anexo N°1.

Para el análisis e interpretación de la encuesta se ha realizado la extracción de cada pregunta con su grado de frecuencia y respectivo gráfico, con el objetivo de analizar cada una de ellas.

¿Tiene usted productos alimenticios que se pueden industrializar mediante la deshidratación?

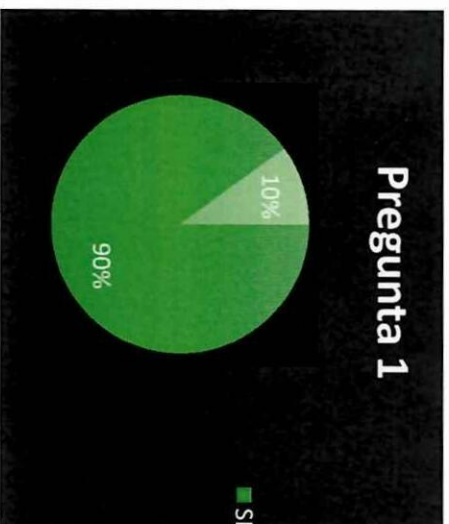
Tabla 5. Valoración de opciones pregunta #1

PREGUNTA 1		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	135	90
NO	15	10
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 3. Opciones de porcentaje pregunta #1



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis

La interrogante se refiere, el saber si poseen productos alimenticios que se pueden industrializar mediante la deshidratación, el 90% de las personas encuestadas da a conocer que si poseen productos alimenticios accesibles a dicho

¿De existir sistemas solares térmicos para la deshidratación de alimentos estaría usted dispuesto a adquirirlos?

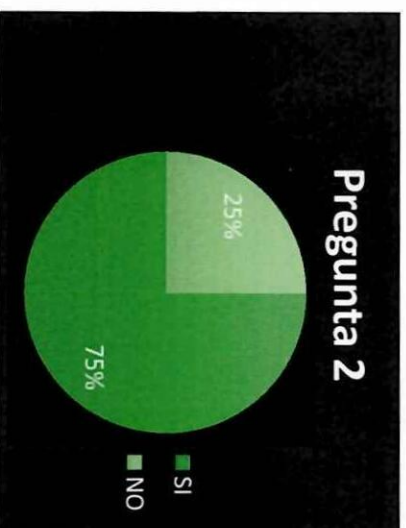
Tabla 6. Valoración de opciones pregunta #2

PREGUNTA 2		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	112	75
NO	38	25
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 4. Opciones de porcentaje pregunta #2



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis

Esta incógnita nos plantea conocer, si los moradores del barrio Brazales estarían dispuestos a adquirir sistemas solares térmicos para la deshidratación de alimentos, el 75% de los encuestados manifestaban que si estarían dispuestos

¿Conoce los beneficios de deshidratar los alimentos mediante sistemas solares térmicos?

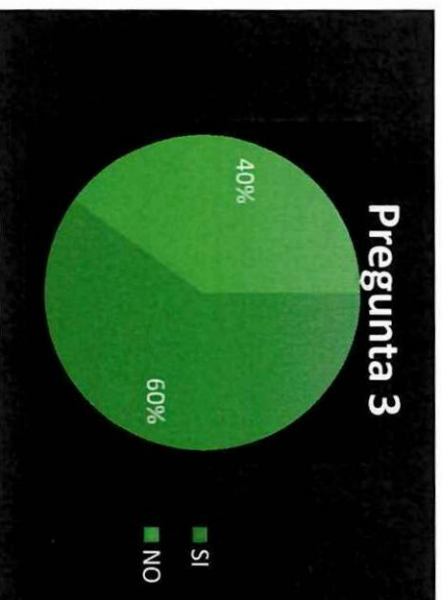
Tabla 7. Valoración de opciones pregunta #3

PREGUNTA 3		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	90	60
NO	60	40
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 5. Opciones de porcentaje pregunta #3



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La pregunta compete acerca de los beneficios que nos brinda deshidratar los alimentos mediante sistemas solares térmicos, el 60% de los ciudadanos respondieron que si conocen de los beneficios y el 40% supieron manifestar que los desconocen. El conocimiento de estos beneficios por parte de los pobladores

¿Cree usted que al utilizar energías renovables como la energía solar térmica se abaratarían los costos de producción?

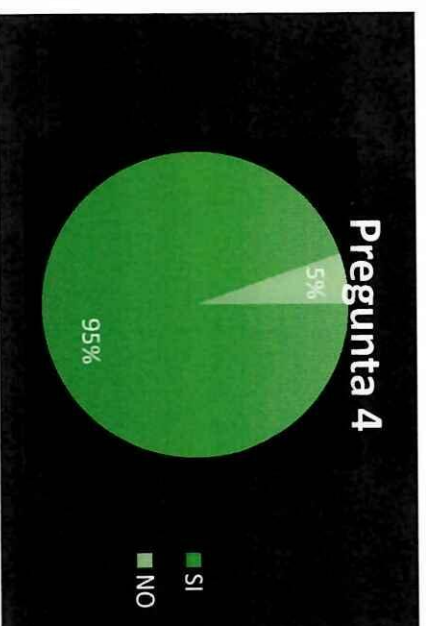
Tabla 8. Valoración de opciones pregunta #4

PREGUNTA 4		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	142	95
NO	8	5
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 6. Opciones de porcentaje pregunta #4



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La presente incógnita es referida a la utilización de energías renovables; donde el 95% de los moradores del barrio manifestó, que al utilizar estas alternativas se

¿Conoce si los sistemas solares térmicos están disponibles de venta en el mercado?

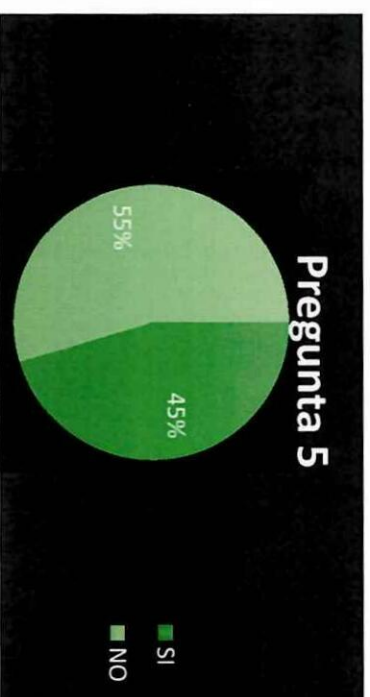
Tabla 9. Valoración de opciones pregunta #5

PREGUNTA 5		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	68	45
NO	82	55
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 7. Opciones de porcentaje pregunta #5



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La interrogante se halla establecida para saber el nivel de conocimiento de los pobladores acerca de estos equipos comercializados en el mercado, manifestando el 45% conocer la disponibilidad de adquirirlos, mientras que el 55% desconoce la posibilidad de hallarlos en el mercado. No obstante la brecha existente en esta

¿Cree usted que un sistema solar térmico para deshidratar sería útil como una fuente de ingreso económico para su hogar?

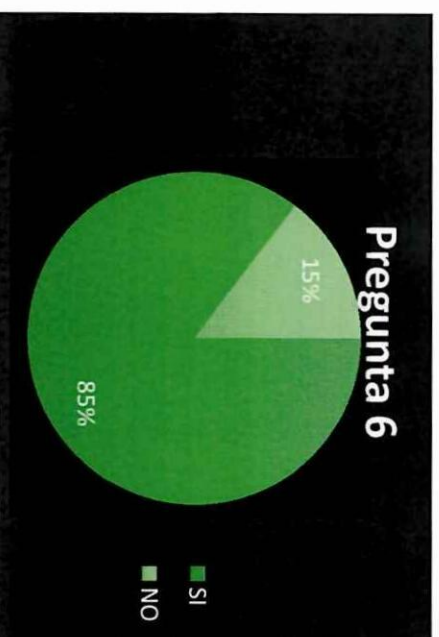
Tabla 10. Valoración de opciones pregunta #6

PREGUNTA 6		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	128	85
NO	22	15
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 8. Opciones de porcentaje pregunta #6



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La presente interrogante tiene como objetivo conocer la opinión de los moradores acerca del sistema solar como ingreso económico a sus hogares. 15% de los encuestados expresan que si les ayudaría, mientras que el 85% pronuncian que no aportan en ningún beneficio a su economía, esto puede suceder por la falta de

¿Considera usted que este tipo de proyectos podrían ser sustentables en nuestro medio?

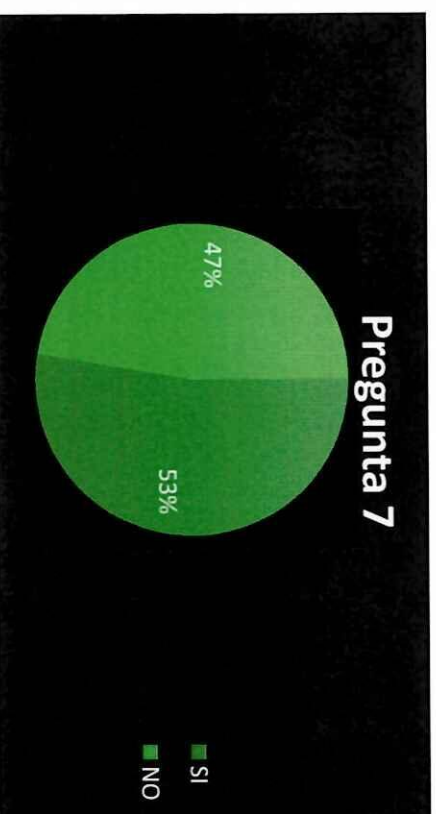
Tabla 11. Valoración de opciones pregunta #7

PREGUNTA 7		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	79	53
NO	71	47
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 9. Opciones de porcentaje pregunta #7



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La pregunta se encuentra enfocada a que la población manifieste su sentir acerca de la sostenibilidad de este tipo de sistemas solares en la sociedad en la que se desarrollan, expresando el 47% que si es sustentable y el 53% no considera que

¿Conoce usted si se ha empleado sistemas de energía renovable en los últimos tiempos en nuestra ciudad?

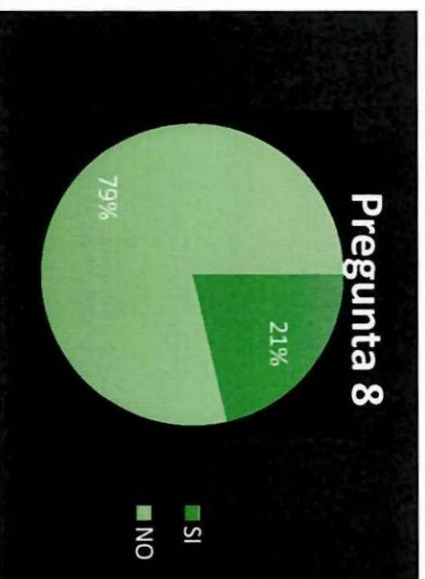
Tabla 12. Valoración de opciones pregunta #8

PREGUNTA 8		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	32	21
NO	118	79
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 10. Opciones de porcentaje pregunta #8



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La interrogante desea conocer el nivel de información de la población acerca de estos proyectos con energía alternativa, el 79% de los encuestados pronuncian el desconocimiento de mencionados sistemas realizados actualmente, mientras que el 21% expresa conocer la utilización de energía renovable en la ciudad.

¿Cree usted que el desarrollo de este tipo de proyectos que está realizando la Universidad Técnica de Cotopaxi fomenta el desarrollo socio económico en nuestra provincia?

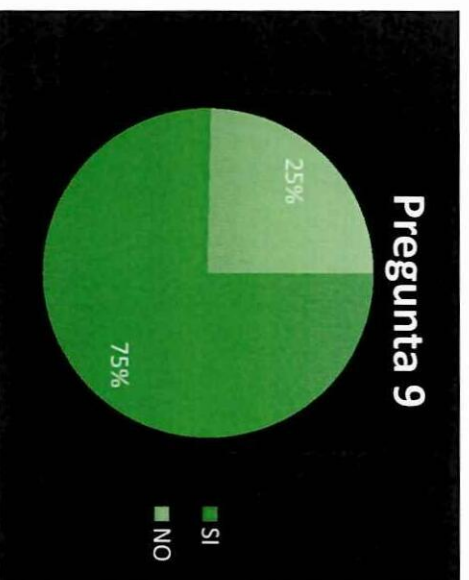
Tabla 13. Valoración de opciones pregunta #9

PREGUNTA 9		
OPCIONES	FRECUENCIA	%
SI	113	75
NO	37	25
TOTAL	150	100

Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Gráfico 11. Opciones de porcentaje pregunta #9



Fuente: Moradores barrio "Brazales"

Elaborado: Postulante

Interpretación y Análisis:

La pregunta desea indagar el interés de los encuestados acerca del desarrollo socio

2.5.2 Verificación de la hipótesis

El método empleado para la comprobación de la hipótesis es el chi – cuadrado; mediante la comparación de una hipótesis nula se va a comprobar la factibilidad del proyecto a realizarse.

Tabla 14. Tabla de marginales

PREGUNTAS REALIZADAS	OPCIONES			SUMAS MARGINALES
	SI	NO	NO CONTESTADA	
Pregunta 1	135	15	-----	150
Pregunta 2	112	38	-----	150
Pregunta 3	89	59	2	150
Pregunta 4	142	8	-----	150
Pregunta 5	68	82	-----	150
Pregunta 6	128	22	-----	150
Pregunta 7	78	70	2	150
Pregunta 8	32	118	-----	150
Pregunta 9	113	37	-----	150
	897	449	4	1350

Fuente: Moradores barrio “Brazales”

Elaborado: Postulante

Se establece las siguientes hipótesis a ser comprobadas:

aprovechar de mejor manera la energía renovable”

Hipótesis 0: “La automatización y monitoreo de un sistema solar térmico eficiente mediante un control eléctrico aplicado a un deshidratador solar, **NO** permitirá aprovechar de mejor manera la energía renovable”

El nivel de error es tipo I, por lo cual el nivel de significancia es de $\alpha = 0.2$. Los grados de libertad se obtienen de la siguiente manera:

$$\text{Grados de libertad} = (\# \text{ filas} - 1)(\# \text{ columnas} - 1) \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{Grados de libertad} = (9 - 1)(3 - 1)$$

$$\text{Grados de libertad} = 16$$

Aplicar la distribución χ^2 , mediante la siguiente ecuación:

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{O-E}{E} \right)^2 \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

χ^2 = Distribución

O = Observado

E = Esperado

Posterior haber hallado los marginales calcular los esperados:

$\mu_1 - \mu_3 - \mu_5 - \mu_7 - \mu_9 - \mu_{11} - \mu_{13} - \mu_{15} - \mu_{17} - \mu_{19}$

$$E_2 = E_4 = E_6 = E_8 = E_{10} = E_{12} = E_{14} = E_{16} = E_{18} = 50,11$$

$$\chi^2 = \sum \left(\frac{O - E}{E} \right)^2$$

$$\begin{aligned} \chi^2 = & 12,34 + 24,60 + 1,47 + 2,93 + 0,98 + 1,95 + 17,75 + 35,39 \\ & + 10,18 + 20,29 + 7,91 + 15,77 + 4,37 + 8,71 \\ & + 46,14 + 91,98 + 1,72 + 3,43 \end{aligned}$$

$$\chi^2 = 307,91$$

$$\chi = 17,55$$

El chi cuadrado calculado es 17,55; en la tabla del (Anexo N°2), tomamos la intersección con 6 grados de libertad y el nivel de significancia para una cola de 005, siendo para este caso de **12,5916** como valor teórico, este valor determina el punto de separación entre el nivel de rechazo y aceptación. Ya que el valor calculado es mayor que el teórico, significa que la hipótesis nula se rechaza. Dando como resultado que el proyecto permitirá aprovechar de mejor manera la energía renovable”

CAPITULO III

PROPUESTA

“AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DE UN SISTEMA SOLAR TÉRMICO EFICIENTE MEDIANTE UN CONTROL ELÉCTRICO” APLICADO A UN DESHIDRATADOR SOLAR”

En este capítulo, se desarrolló la propuesta de investigación, tomando en cuenta para la misma varios aspectos como: el índice de energía solar, métodos de diseño de sistemas solares térmicos, procedimientos para automatizar y monitorear este proceso y construcción de un sistema solar térmico eficiente para aplicarse a un deshidratador.

En la provincia de Cotopaxi, escasos son los lugares donde se utiliza energía solar para el desarrollo de las pequeñas o grandes empresas, no obstante esta energía al ser investigada y ponerla en práctica es de gran utilidad para la vida diaria y el desarrollo de pequeñas micro empresas que enfoquen su producción en esta energía.

Es advertir que el desarrollo de nuevas empresas sin bases enfocadas a la utilización de nuevas energías se torna monótona y sin proyección futura; mientras que la investigación de estas energías renovables sin aplicaciones se vuelve improductiva, por lo que se debe obtener una investigación eficiente enfocada a las necesidades a cubrir con energías renovables.

El desarrollo de nuevas aplicaciones o métodos óptimos de utilización de energías renovables, permitirá que la industria vaya acoplando sus sistemas al uso de dichas energías y la investigación permita que los profesionales desarrollen proyectos encaminados a la utilización de estas energías aplicadas en varios campos.

La elaboración del proyecto **“Automatización y monitoreo de un sistema solar térmico eficiente mediante un control eléctrico aplicado a un deshidratador solar”**, facilitara la investigación de energía renovable junto con la optimización de estos recursos, mediante control eléctrico.

La propuesta es diseñar y construir un deshidratador solar eficiente, esto monitoreado y automatizado mediante un control eléctrico, alimentado de energía mediante la red eléctrica de distribución, procurando tener el menor consumo de energía posible para que se puede fomentar el desarrollo de microempresas o sirva para el bien común, se utilizó materiales fáciles de conseguir y se reutilizo materiales tratando que el proyecto a más de ser uno de energía renovable sirva para reutilizar materiales del medio.

Este proyecto se lo realizara en ciudad de Latacunga, Parroquia “Eloy Alfaro”, Barrio Brazales en el domicilio del postulante.

Se va a construir el sistema solar térmico que consta de un colector solar y un horno de deshidratación, la automatización de este sistema solar térmico se lo realizara con un logo siemens 230RC, utilizando el software LOGO!soft confort V7.0.30 para su programación.

a) Objetivo General

Automatizar y monitorear un sistema solar térmico eficiente mediante un control eléctrico aplicado a un deshidratador solar, para mejorar el rendimiento del proceso de deshidratación de alimentos.

b) Objetivo específico

- Diseñar y Construir un deshidratador que aproveche de manera eficiente la energía solar mediante la utilización de un sistema de control y monitoreo eléctrico para mejorar el rendimiento en el proceso de deshidratación de un producto.
- Diseñar un sistema de control eléctrico para automatizar y monitorear un sistema solar térmico.
- Comparar los datos obtenidos del sistema automatizado con un sistema solar térmico aplicado a un deshidratador convencional y analizar sus resultados.

El cantón Latacunga carece de incursión de la producción enfocada a la energía renovable, es por este argumento se cree necesario investigar y desarrollar métodos de aplicación de estas energías a las áreas de producción del Cantón Latacunga.

Por esto el investigador va a desarrollar este proyecto en el Barrio “Brazales”, ubicado en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga, parroquia Eloy Alfaro, es un barrio que se dedica a la agricultura y con el desarrollo de este proyecto se piensa formar una pequeña empresa que genere un desarrollo económico enfocado en el uso de energías renovables.

Con el desarrollo de este proyecto el investigador realizara, la investigación de nuevas energías alternativas, esto produce un cambio en la sociedad proyectándola al uso de las mismas y al desarrollo económico enfocado en las mismas, el aprovechamiento la ubicación geográfica del País para la generación de recursos renovable (energía solar), la disminución la dependencia de combustibles fósiles y energía eléctrica, el desarrollo de pequeñas industrias que elaboraran un producto nuevo y económico y de esta manera se lo puede explotar en el mercado nacional y exportarlo al mercado internacional.

El investigador está interesado en esta problemática, tiene el tiempo, los recursos económicos y el espíritu emprendedor de un visionario, para sustentar el proyecto.

Es factible, la realización de la investigación por cuanto es un problema que necesita solución y esta solución traerá consigo grandes beneficios para la sociedad; se tiene los conocimientos necesarios y el aporte de los docentes de la Universidad.

reducción en cuanto a gastos energéticos y se puede llegar a sitios en los que otra forma de energía es hoy por hoy casi nula.

3.4 FACTIBILIDAD

El proyecto es totalmente factible ya que se cuenta con el conocimiento necesario y el asesoramiento técnico adecuado proporcionado por parte de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

3.4.1 Factibilidad Económica

Los recursos económicos fueron financiados por el postulante ya que el interés en desarrollar este proyecto es para beneficio propio en proyección de formar una micro empresa e incursionar en la investigación de este tipo de aplicaciones de ingeniería.

3.5 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

A continuación se detalla el cálculo, la construcción del sistema solar térmico, y los materiales con los que se construyó siendo estos del medio y reciclados.

3.5.1 Cálculo del colector solar

3.5.1.1 Datos del sistema solar térmico

Estos datos se los recopiló con mediciones y un análisis del entorno en donde se desarrolla el proyecto en este caso en el domicilio del postulante ubicado en el Barrio “Brazales” parroquia “Eloy Alfaro”

$$H = 16200 \frac{m^2}{m^2} = 4.5 \frac{m^2}{m^2}$$

Temperatura Ambiente:

$$T_{amb} = 15^\circ C = 288K$$

Temperatura de entrada al colector:

$$T_0 = T_{amb} + 4.5$$

$$T_0 = 288 + 4.5$$

$$T_0 = 292.5$$

Velocidad del viento:

$$V_v = 3.5 \frac{m}{s}$$

Humedad relativa:

$$HR = 0.6$$

Datos posicionales:

Día del año:

$$n = 11$$

Hora Local:

$$h_{loc} = 12:00$$

Latitud del lugar:

$$\phi = 1.12^\circ$$

Longitud del lugar:

$$L_0 = -78.2^\circ$$

Diferencia horaria con Greenwich:

Ángulo del colector:

$$\alpha = 19^\circ$$

Longitud del colector:

$$L = 2.4m$$

Anchura del colector:

$$W = 1.5m$$

Separación entre la placa y el plástico:

$$s = 0.3m$$

Espesor del plástico:

$$e_g = 0.001m$$

Espesor del aislante:

$$e_{ms} = 0.01m$$

Espesor de las paredes:

$$e_w = 0.06m$$

Conductividad térmica del plástico:

$$k_g = 1 \frac{W}{m \cdot K}$$

Conductividad térmica de las paredes:

$$k_w = 0.159 \frac{W}{m \cdot K}$$

Transmitancia del plástico:

$$\kappa = 10m^{-1}$$

Coefficiente de refracción del plástico:

$$\eta_{\text{plástico}} = 1.522$$

Emitancia del colector:

$$\varepsilon = 0.95$$

Datos del aire:

$$(20^{\circ}C)$$

Calor específico del aire:

$$C_{P_{\text{air}}} = 1007 \frac{J}{kg \cdot K}$$

Densidad del Aire:

$$\rho = 1.204 \frac{kg}{m^3}$$

Coefficiente de refracción del aire:

$$\eta_{\text{air}} = 1$$

Numero de Prandtl:

$$Pr = 0.7309$$

Viscosidad:

$$\nu_{air} = 1.516 \times 10^{-5} \frac{m^2}{s}$$

3.5.1.1 Datos de constitución de nuestro sistema

Área del plástico:

$$A_g = L \cdot W$$

$$A_g = 2.4 \cdot 1.5$$

$$A_g = 3.6 m^2$$

Área del paso de la corriente:

$$A_{gap} = s \cdot W$$

$$A_{gap} = 0.3 \cdot 1.5$$

$$A_{gap} = 0.45 m^2$$

Área vertical de las paredes:

$$A_{wv} = s \cdot L$$

$$A_{wv} = 0.3 \cdot 2.4$$

$$A_{wv} = 0.72 m^2$$

Área horizontal de las paredes:

$$A_{wh} = e_{pv} \cdot L$$

$$A_{wh} = 0.06 \cdot 2.4$$

$$A_{wh} = 0.144 m^2$$

Área de la placa:

$$A_{hw} = A_g - 2A_{wh}$$

$$A_{hw} = 3.6 - 2 \cdot 0.144$$

$$A_{hw} = 3.312 m^2$$

$$\sigma = 3.67 \times 10^{-6} \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficiente de convección exterior, por efecto del viento:

$$h = 5.7 + 3.4V_v$$

$$h = 5.7 + 3.4 \cdot 3.5$$

$$h = 17.3 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficientes globales de transferencia de calor a través de las paredes, calor procedente de la corriente de aire:

$$U_{wh} = \frac{1}{A_{wh} \left(\frac{e_{wh}}{k_{wh}} + \frac{1}{h} \right)}$$

$$U_{wh} = \frac{1}{0.72 \left(\frac{0.06}{0.159} + \frac{1}{17.3} \right)}$$

$$U_{wh} = 3.2 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficiente global de transferencia de calor a través del plástico:

$$U_g = \frac{1}{A_g \left(\frac{e_g}{k_g} + \frac{1}{h} \right)}$$

$$U_g = \frac{1}{3.6 \left(\frac{0.001}{1} + \frac{1}{17.3} \right)}$$

$$U_g = 4.7 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficiente global de transferencia de calor a través de las paredes, desde la placa hacia el plástico:

$$A_{wh} \left(\frac{1}{k_w} + \frac{x}{k_g} + \frac{1}{h} \right)$$

$$U_{wv} = \frac{1}{0.144 \left(\frac{0.3}{0.159} + \frac{0.001}{1} + \frac{1}{17.3} \right)}$$

$$U_{wv} = 3.6 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficiente global de transferencia de calor a través del aislante:

$$U_{hw} = \frac{1}{A_{hw} \left(\frac{e}{k_{ais}} + \frac{1}{h} \right)}$$

$$U_{hw} = \frac{1}{3.312 \left(\frac{0.01}{0.05} + \frac{1}{17.3} \right)}$$

$$U_{hw} = 1.2 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficiente de expansión térmica:

$$\beta = \frac{1}{T}$$

$$\beta = \frac{1}{300}$$

$$\beta = 3.3 \times 10^{-3} K^{-1}$$

Absorbancia de la placa:

$$abs = 0.95$$

Temperatura de la placa:

$$T_{hw} = 352.2K$$

Temperatura del plástico:

$$T_g = 312.3K$$

Temperatura de salida:

$$T_{out} = 307K$$

Velocidad media del aire pegado al plástico:

$$\mu_g = 0.363 \frac{m}{s}$$

Velocidad media del aire pegado a la placa:

$$\mu_{hw} = 0.621 \frac{m}{s}$$

Coefficiente de convección entre la placa y el aire:

$$h_{hw} = 3.8 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Coefficiente de convección entre el plástico:

$$h_g = 2.9 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Espesor de capa límite en el plástico:

$$\delta = 0.03$$

$$\eta = \frac{Cp_{aire} \cdot \rho_{aire} (\mu_{hw} \cdot \delta_{hw} + \mu_g \cdot \delta_g) W (T_{out} - T_0)}{I_r \cdot L \cdot W}$$

$$\eta = \frac{1007 \cdot 1.204 (0.621 \cdot 0.03 + 0.363 \cdot 0.03) 1.5 (307 - 292.5)}{668.54 \cdot 2.4 \cdot 1.5}$$

$$\eta = 0.328 \approx 33\%$$

El caudal másico será:

$$\dot{m} = \rho_{aire} \cdot (\mu_{hw} \cdot \delta_{hw} + \mu_g \cdot \delta_g) \cdot W$$

$$\dot{m} = 1.204 \cdot (0.621 \cdot 0.03 + 0.363 \cdot 0.03) \cdot 1.5$$

$$\dot{m} = 0.05 \frac{kg}{s}$$

Calor Útil

$$q'_{aire} = Cp_{aire} \cdot \rho_{aire} (\mu_{hw} \cdot \delta_{hw} + \mu_g \cdot \delta_g) W (T_{out} - T_0)$$

$$q'_{aire} = 1007 \cdot 1.204 (0.621 \cdot 0.03 + 0.363 \cdot 0.03) 1.5 (307 - 292.5)$$

$$q'_{aire} = 827W$$

Volumen del Aire:

Para determinar la cantidad de aire útil para el secado se utiliza la siguiente

expresión, para calcular la masa de aire:

$$q'_{aire} = Ma \cdot Cp_{aire} (T_{out} - T_0)$$

$$Ma = \frac{q'_{aire}}{Cp_{aire} \cdot (T_{out} - T_0)}$$

$$Ma = \frac{827W}{1.007 \cdot (307 - 292.5)}$$

$$Ma = 56.6kg$$

$$Va = 56.6 \cdot 0.091 \frac{307}{101.325}$$

$$Va = 15.6m^3$$

El volumen del producto a secar será:

$$Vp = \frac{Ma}{\rho}$$

$$Vp = \frac{Ma}{\rho}$$

$$Vp = \frac{56.6}{200}$$

$$Vp = 0.28m^3$$

Las dimensiones de la cámara de secado debe ser 4 veces el volumen del producto:

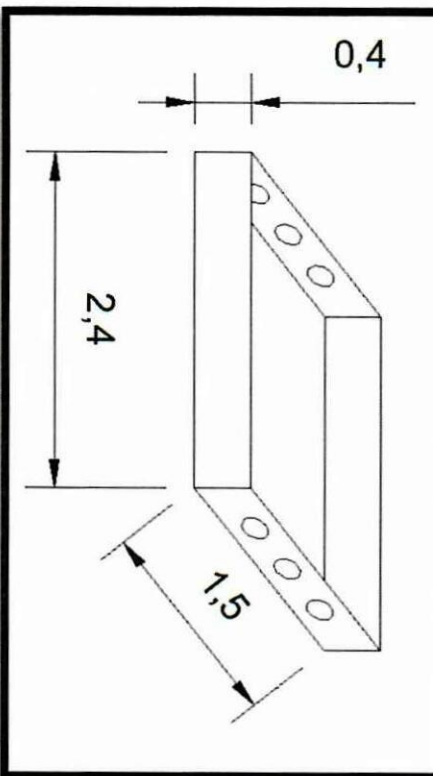
$$V_{C,sec} = 4 \cdot Vp$$

$$V_{C,sec} = 4 \cdot 0.28$$

$$V_{C,sec} = 1.132m^3$$

3.5.1 Dimensiones del colector solar y materiales utilizados.

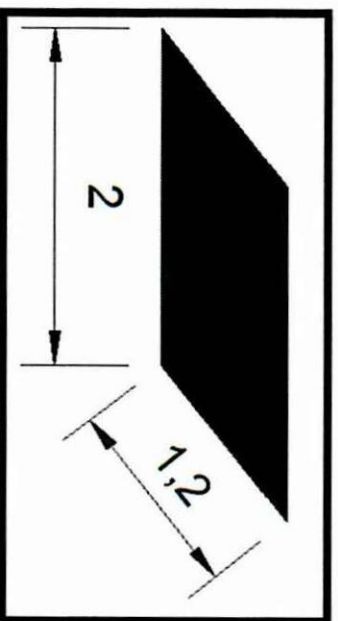
El colector tiene de largo 2,4 metros, de ancho 1,5 y de altura 0,4 como se observa en la (Figura N°18) Esta construido de madera con planchas de MDF, tiene un aislamiento entre sus paredes de lana de vidrio, y en su interior esta forrado de un aislante de polietileno y un material reflectivo.



Fuente: Elaborado por el tesista

Placa colectorora que se muestra en la (Figura N°19) tiene las siguientes dimensiones de largo 2 metros de ancho 1.2 y 0.02 metros de grosor, está formado de una lámina de aluminio pintada de color negro mate en su totalidad, esta se ubica en el centro del colector.

Figura N° 19. Dimensiones de la placa colectorora



Fuente: Elaborado por el tesista.

La cubierta es de plastico transparente de 2 milímetros de grosor en la (Figura N°20) se puede observar el colector en un diseño en 3 dimensiones.



Fuente: Elaborado por el tesista.

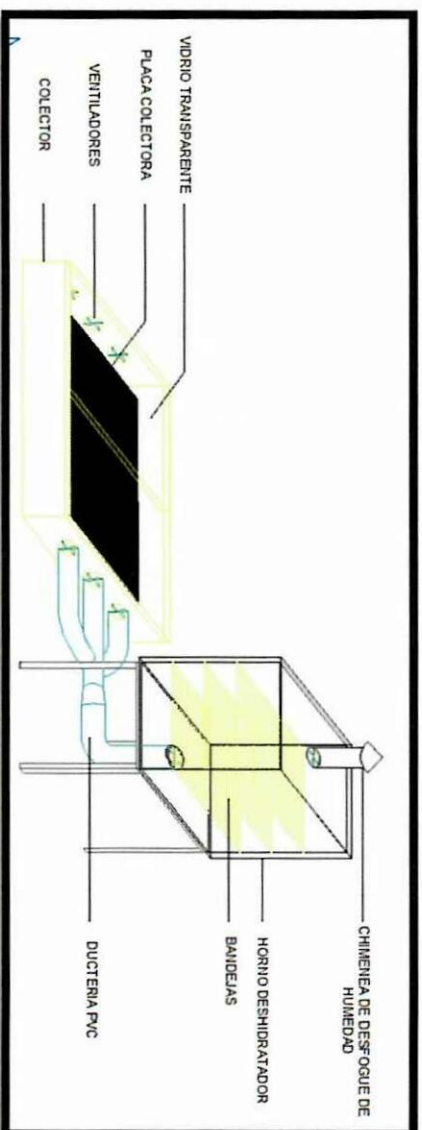
El horno está constituido de un refrigerador reutilizado y acoplado para ser un horno de deshidratación. Siendo con el mejor aislante que existe para conservar el calor ya que tiene un aislamiento de poliuretano como se muestra en la (Figura N°21).

Figura N° 21. Horno de deshidratación



partes que lo constituyen

Figura N° 22. Sistema solar termico



Fuente: Elaborado por el tesisista.

3.5.2 Diseño del sistema de control eléctrico.

3.5.2.1 Elementos que constituyen el sistema de control.

El sistema de control que se diseño es un sistema de lazo cerrado que está constituido de los siguientes elementos:

- Logo SIEMENS rc230
- Sensor de humedad
- Sensor de temperatura
- Controlador de temperatura y humedad
- Relés SIEMENS PT37 0615 10 A
- Válvula solenoide de 3/4"
- Ventiladores de alta eficiencia

El logo SIEMENS rc230 que se muestra en la (Figura N°23), cumple la



Fuente: Elaborado por el tesisista

Los sensores de humedad y temperatura DHT21 y PT100 son los encargados de llevar la señal hacia el logo, desde el colector y el horno de deshidratación y son como se los muestra en la (Figura N°24)

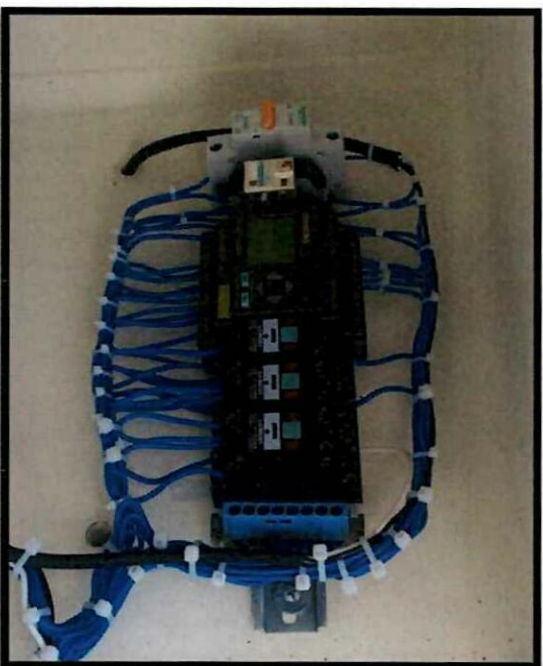
Figura N° 24. Sensor de humedad y temperatura



Fuente: Elaborado por el Tesisista

El controlador tendrá la función de monitorear el sistema y visualizar los datos de

Figura N° 25. Relé SIEMENS



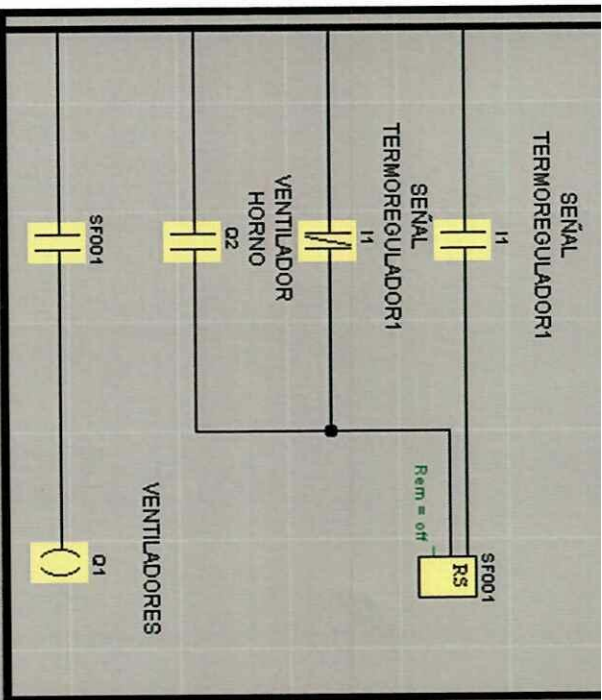
Fuente: Elaborado por el tesisista.

La válvula solenoide de $\frac{3}{4}$ " , está dispuesta para actuar purgando la humedad en el horno de deshidratación cuando esta llegue a un porcentaje tope.

Los ventiladores de alta eficiencia actúan en el momento en el que el sistema necesita recuperar los parámetros establecidos en especial en el área del horno de deshidratación.

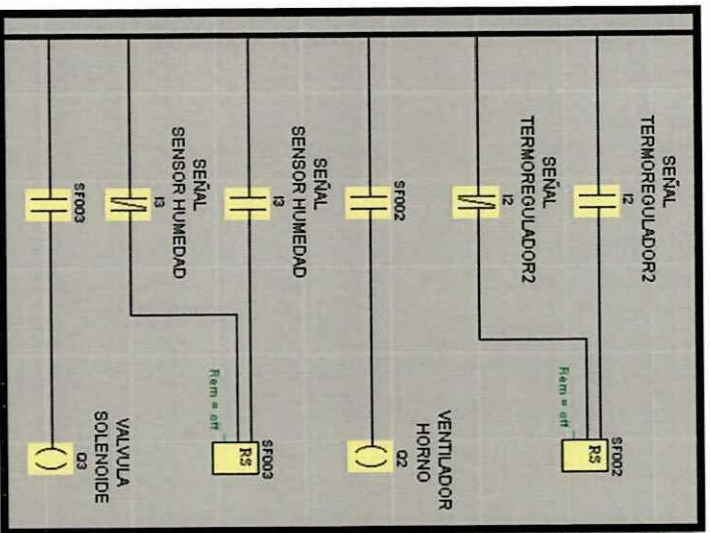
3.5.2.2 Elaboración del sistema de control

El diseño se lo realizo en el programa LOGO!soft confort para luego cargarlo en el Logo SIEMENS rc230 en el cual se realizó el siguiente esquema de



Fuente: Elaborado por el tesista.

Figura N° 27. Esquema ladder de nuestro sistema



Fuente: Elaborado por el tesista

la activación de Q1, el mismo que está condicionado con la señal del ventilador del horno Q2, también con un contacto cerrado del termostato 1 que realizara la función de apagar la conducción de temperatura que va al horno cuando los parámetros de este llegue a la temperatura setada, en la siguiente instancia cuando la señal del termostato 2 llega al valor deseado se activa la entrada I2 junto con el relé SF002, que activa la el ventilador del horno Q2 y cuando nuestro sensor de humedad llega a su valor asignado, se activa I3 a la vez que se activa el relé SF003 dando la señal de activación a Q3.

Este proceso está diseñado para optimizar la conservación de calor en el sistema solar térmico aplicado a un deshidratador.

3.5.2.2.1 Diagrama de control y conexión del LOGO SIEMENS 230RC

En la (Figura N°28), podemos observar el diagrama de control que tiene el sistema de control eléctrico.

Figura N° 28. Diagrama de control

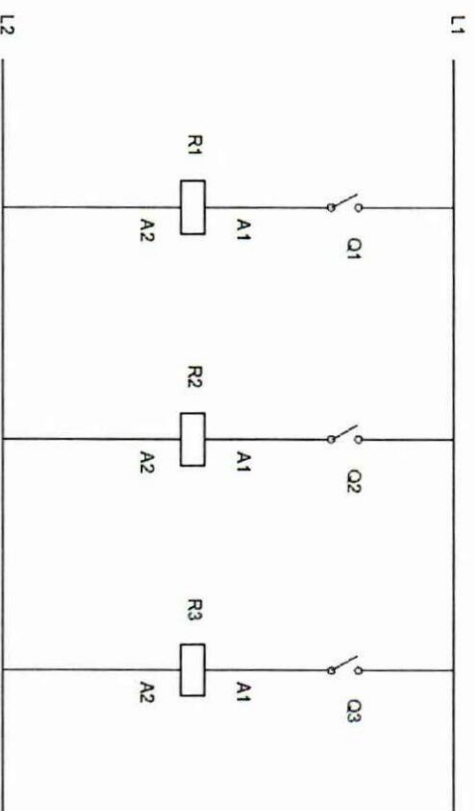
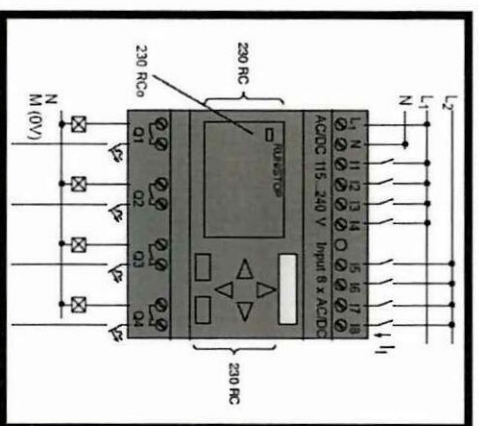


Figura N° 29. Esquema de conexión del LOGO



Fuente: (http://www.promspecrele.ru/documents/siemens_logo_230rc.html)

3.5.3 COMPARACION DE DATOS Y VERIFICACION DE LA HIPOTESIS

TECNICA

Los datos obtenidos mediante mediciones con el equipo MASTECH MS2000G Clamp meter, a lo largo del desarrollo práctico de la presente tesis se muestran a continuación y se realiza un análisis de los mismos.

3.5.3.1 Datos de temperatura y humedad del colector

Los datos que se muestran a continuación son datos reales de mediciones que se realizó en el sistema solar térmico aplicado a un deshidratador las mediciones se realizaron antes y después de la automatización con esto se obtiene datos reales de la diferencia que se tiene entre un sistema automatizado y uno convencional.

En la (Tabla 15), se muestran los datos obtenidos de las mediciones realizadas en el colector solar del sistema.

TIEMPO	COLECTOR SOLAR CONVENCIONAL		AUTOMATIZADO	
	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RH%	TEMPERATURA °C	HUMEDAD RH%
06:00	25	41	25	37
07:00	27	36	26	32
08:00	30	32	30	29
09:00	44	33	44	30
10:00	63	30	67	27
11:00	80	31	100	28
12:00	110	34	110	31
13:00	120	32	120	29
14:00	127	30	123	27
15:00	108	31	122	28
16:00	95	33	90	30
17:00	70	31	88	28
18:00	40	32	50	29

FUENTE: Elaborado por el tesista.

En la Figura N° 30, se observa la medición que se realizó en el colector dado en grados Celsius, a una temperatura ambiente de 18 °C

Figura N° 30. Medición de temperatura.



Los datos obtenidos nos indican el incremento que se ha logrado con la automatización del sistema en la parte más importante como lo es el horno deshidratador como lo muestra la (Tabla 16)

Tabla 16. Datos de temperatura, humedad y diferencias.

TIEMP O	HORNO DE DESHIDRACION SOLAR		DIFERENCIA DE TEMPERATUR A +°C	DIFERENCI A DE HUMEDAD -Rh%		
	CONVENCIONAL	AUTOMATIZADO				
	TEMPERATUR A °C	HUMEDA D Rh%	TEMPERATUR A °C	HUMEDA D Rh%		
06:00	18	37	28	33	10	4
07:00	18	32	28	29	10	3
08:00	22	29	31	26	9	3
09:00	25	30	35	27	10	3
10:00	27	27	35	24	8	3
11:00	29	28	38	25	9	3
12:00	32	31	42	28	10	3
13:00	35	29	46	26	11	3
14:00	32	27	42	24	10	3
15:00	32	28	42	25	10	3
16:00	32	30	42	27	10	3
17:00	28	28	36	25	8	3
18:00	17	29	22	26	5	3

FUENTE: Elaborado por el tesista.

En esta tabla se observa un incremento promedio de 9 grados Celsius entre el sistema convencional y el sistema Automatizado, así como la disminución de la humedad en 3 %.

En la (Figura N° 31), se puede observar la medición realizada en el horno de deshidratación una vez que ya se lo automatizo.



Fuente: Elaborado por el tesista.

3.5.3.3 Verificación de la hipótesis técnica.

En esta parte se va a comparar los datos obtenidos para verificar la hipótesis planteada en el CAPÍTULO II que dice: “¿La evaluación de los parámetros principales del sistema solar térmico aplicado a un deshidratador, ayudara a diseñar un nuevo sistema automatizado eficiente a través de un oportuno control eléctrico?”

Por los datos obtenidos los resultados de nuestro análisis es positivo ya que se logró elevar la temperatura en un 25% aproximadamente y disminuir la humedad un 9 %.

Como lo podemos observar en la (Tabla 17).

TIEMPO	CONVENCIONAL		AUTOMATIZADO		DIFERENCIA DE TEMPERATURA +°C	DIFERENCIA DE HUMEDAD - Rh%	TEMPERATURA PORCENTAJE DE AUMENTO	HUMEDAD PORCENTAJE DE DISMINUCION
	TEMPERATURA °C	HUMEDAD Rh%	TEMPERATURA °C	HUMEDAD Rh%				
06:00	19	37	23	33	4	4	17 %	11%
07:00	20	32	26	30	6	2	23 %	7 %
08:00	22	29	31	28	9	1	29 %	4 %
09:00	25	30	35	27	10	3	29 %	11 %
10:00	27	27	36	25	9	2	25 %	8 %
11:00	29	28	40	25	11	3	28 %	12 %
12:00	32	31	46	28	14	3	30 %	11 %
13:00	35	29	44	27	9	2	20 %	7 %
14:00	32	27	43	24	11	3	26 %	11 %
15:00	32	28	42	26	10	2	23 %	8 %
16:00	32	30	42	28	10	2	23 %	7 %
17:00	28	28	36	25	8	3	23 %	12 %
18:00	17	29	22	27	5	2	23 %	7 %

FUENTE: Elaborado por el testista.

Con estos datos se obtiene una temperatura promedio de 35 a 44 °C durante 8 horas al día aproximadamente, con lo cual nos vamos a la (Tabla 18). Y se comprueba que la temperatura y la humedad son idóneas para deshidratar hierbas aromáticas.

Tabla 18. Temperaturas y tiempo deshidratación.

Descripción del producto a deshidratar	Temperatura del aire	Tiempo de deshidratación en Horas
Hierbas como albahaca, cebollino, cilantro, perejil, romero, salvia, tomillo, manzanilla, orégano etc.	40	3 a 7

FUENTE: <http://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/secando-y-deshidratando-frutas-y-vegetales-en-espana/>

Los resultados de la deshidratación de la manzanilla en el prototipo fueron satisfactorios ya que se logró deshidrata 1 kilogramo de la misma en el transcurso de 5 horas a una temperatura promedio de 41 °C, el deshidratador se comporta estable en los días despejados.

En la (Figura N° 32), se observa la ubicación de la manzanilla fresca en la bandeja de deshidratado.

Figura N° 32. Ubicación de la manzanilla fresca en la bandeja de deshidratación.



FUENTE: Elaborado por el tesista.

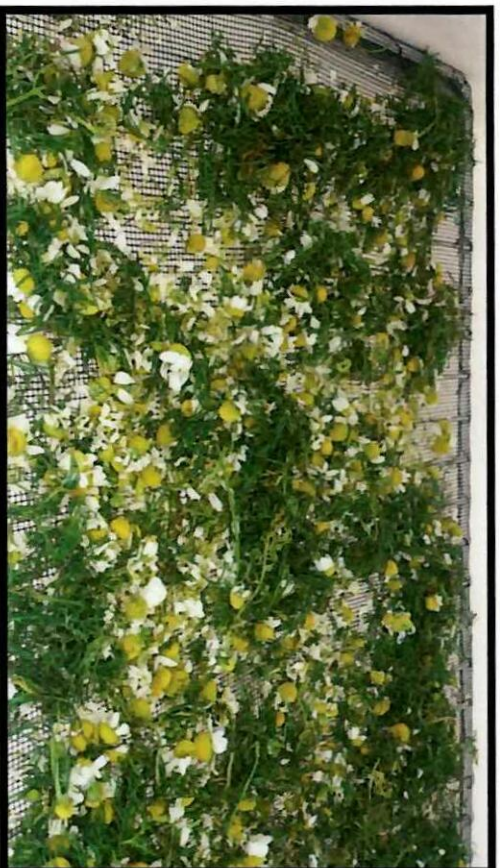
A continuación procedemos a colocar la bandeja dentro del horno deshidratador como lo muestra la (Figura N° 33).



FUENTE: Elaborado por el tesisista.

Una vez cerrada la cámara de deshidratación el proceso no se debe interrumpir ya que al abrir la puerta se perdería la temperatura acumulada en el mismo en esta ocasión se revisó el proceso a las 5 horas, dando como resultado el producto ya deshidratado como se puede observar en las (Figuras N° 33 y 34)

Figura N° 34. Producto deshidratado



FUENTE: Elaborado por el tesisista.



FUENTE: Elaborado por el tesista.

3.5.4 ANALISIS ECONOMICO

En este análisis se toma como referencia un producto deshidratado que existe en el mercado como lo es el té de manzanilla, para realizar un análisis en base al costo económico de este producto en el mercado.

3.5.4.1 Listado y costo de materiales.

En la (Tabla 19), se muestra el listado de materiales utilizados con el costo de cada uno de los elementos que constituyen las dos etapas del proyecto como lo son el sistema de control y el sistema solar térmico.

COSTOS DE FABRICACION	
SISTEMA DE CONTROL ELECTRICO	\$ 410.00
LOGO	\$ 130.00
RELES	\$ 40.00
BREAKER	\$ 10.00
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	\$ 30.00
CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	\$ 130.00
SENSOR DE TEMPERATURA	\$ 10.00
CABLEADO ELECTRICO	\$ 20.00
PULSADORES	\$ 10.00
VARIOS	\$ 30.00
SISTEMA SOLAR TERMICO	\$ 286.00
PLACA COLECTORA	\$ 60.00
PLASTICO	\$ 10.00
ASLANTE TERMICO REFLECTANTE	\$ 40.00
LANA DE VIDRIO	\$ 40.00
MADERA	\$ 60.00
MDF	\$ 45.00
TUBOS PVC	\$ 5.00
REFRIGERADORA	\$ 6.00
VARIOS	\$ 20.00
COSTO TOTAL	\$ 696.00

FUENTE: Elaborado por el postulante

Se ha estimado un costo de construcción del prototipo de 696 dólares, costo que implica todo toda la construcción y la mano de obra ya que la mano de obra lo llevo realizo el postulante.

3.5.4.2 Tiempo de vida útil del prototipo.

En esta parte se estima el tiempo de vida útil del prototipo tomando en cuenta cada elemento que constituye el deshidratador solar como lo muestra la (Tabla 20).

TIEMPO DE VIDA UTIL	6.8 años
SISTEMA DE CONTROL	10 años
LOGO	10 años
RELES	10 años
BREAKER	10 años
CONTROLADOR DE TEMPERATURA	10 años
CONTROLADOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD	10 años
SENSOR DE TEMPERATURA	10 años
CABLEADO ELECTRICO	10 años
PULSADORES	10 años
SISTEMA SOLAR TERMICO	3.6 años
PLACA COLECTORA	3 años
COLECTOR	3 años
PLASTICO	3 años
AISLANTE TERMICO	3 años
LANA DE VIDRIO	3 años
MADERA	3 años
MDF	3 años
TUBOS PVC	7 años
REFRIGERA	5 años
VARIOS	3 años

FUENTE: Elaborado por el postulante

El tiempo de vida útil ha sido estimado en 6.8 años, esto tomando en cuenta que hay que realizar mantenimientos preventivos cada año, el tiempo de vida útil obtenido es bueno ya que nos permitirá recuperar la inversión y poder invertir en la construcción de otro deshidratador solar o a su vez en las mejoras del mismo.

3.5.4.3 Costos operativos para la producción de té de manzanilla.

Estos datos se los obtuvo analizando el sistema y el comportamiento del mismo también se realiza un análisis la cantidad de producción que se puede obtener para

COSTO OPERATIVO PARA LA PRODUCCIÓN DE TÉ DE MANZANILLA		
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
CAPACIDAD DE COLECTOR	Kg	8
TIEMPO DE DESIDRATACION ESTIMADO SEGÚN CAPACIDAD DE PRODUCCION DEL COLECTOR	HORAS	12
CAPACIDAD EN GRAMOS POR UNIDAD DE TÉ	UNIDAD	25
PRODUCCION TOTAL EN GRAMOS	gr	8000
UNIDADES DE PRODUCCION	UNIDAD	320

FUENTE: Elaborado por el postulante

A continuación se muestra en la (Tabla 22), los parámetros para hallar el costo individual de cada bolsita de té.

Tabla 22. Costo unitario de cada bolsita de té.

COSTO FIJO				\$	5.60
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
MANZANILLA	Kg	8	\$	0.30	\$ 2.40
BOLSAS PARA TÉ	UNIDAD	320	\$	0.01	\$ 3.20
COSTO VARIABLE				\$	0.96
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL	
ENERGIA ELECTRICA	Kwh	24	\$	0.04	\$ 0.96
COSTO TOTAL				\$	6.56
COSTO PRODUCTO UNITARIO				\$	0.02

FUENTE: Elaborado por el postulante

Para poder realizar un análisis más acertado se procede a encontrar un precio por cada caja de 25 unidades de té de manzanilla como se lo muestra en la (Tabla 23).

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
CAJA	UNIDAD	1	\$ 0.10	\$ 0.10
UNIDADES DE TÉ	UNIDAD	25	\$ 0.02	\$ 0.51
COSTO TOTAL				\$ 0.61
PRECIO DE VENTA ESTIMADO				\$ 1.00
MARGEN DE GANANCIA				\$ 0.39

FUENTE: Elaborado por el postulante

Al encontrar el precio de la caja de té, se puede comparar con el precio de productos de las mismas características que se encuentren en el mercado, se investigó el precio de una caja de té de manzanilla que contenga 25 unidades y se encuentra a un precio de 1.11 dólares con lo cual ya se puede observar que el precio de las cajas de té que se pretende realizar están 0.10 centavos más económicas.

3.5.4.4 Análisis del costo beneficio.

Con los datos obtenidos se puede analizar los mismos para saber si el proyecto es económicamente viable, los datos que refleja la (Tabla 24) son muy alentadores para el proyecto.

Comparación de un deshidratador convencional y uno automatizado			
	Convencional	Automatizado	Diferencia
Costo de la construcción	\$ 350.00	\$ 696.00	\$ 346.00
Capacidad de producción de té de manzanilla	5 kg/ día	8 Kg/día	3kg/día
Cajas de té de manzanilla	8 Cajas/día	13 Cajas/día	5 Cajas/día

FUENTE: Elaborado por el postulante

Estos datos reflejan que el sistema construido tiene un costo más elevado, pero también tiene una productividad mayor al día lo cual va a compensar los costos de construcción, como a continuación nos refleja la (Tabla 26).

Tabla 26. Diferencia en la ganancia económica de un deshidratador automatizado y un convencional.

Deshidratador	Cajas de té al día	Costo por caja	Costo de ventas al día
Convencional	8	\$ 1.00	\$ 8.00
Automatizado	13	\$ 1.00	\$ 13.00
		Diferencia al día	\$ 5.00
		Diferencia al mes	\$ 100.00
		Diferencia al año	\$ 1,200.00

FUENTE: Elaborado por el postulante

- Los datos obtenidos en las mediciones realizadas cumplen con las temperaturas requeridas para un buen funcionamiento del sistema dando un rango de 35 a 44 °C y la humedad relativa de 24 a 33 (Rh%) durante un tiempo promedio de 8 horas durante el día, esto significa un incremento del 25 % de la temperatura y la reducción del 9 % de la humedad relativa (Rh%) en comparación con un sistema que no se encuentra automatizado.
- Las temperaturas que se obtuvieron son idóneos para la deshidratación de hierbas aromáticas ya que se obtuvo una rango promedio de 35 a 44 °C durante 8 horas, siendo la temperatura necesaria 40 °C en el lapso de 3 a 7 horas.
- En la construcción del prototipo se logró aprovechar materiales reciclados del medio dando a los mismos un uso práctico y novedoso, y cumpliendo con satisfacción su función en el sistema solar térmico eficiente.
- El sistema de control eléctrico que se diseñó controla de una manera muy satisfactoria todos los parámetros y variables del sistema haciendo de este un sistema partico y eficiente, como lo refleja el aumento del 25 % de la temperatura en el horno de deshidratación.
- Se logró deshidratar hierbas aromáticas satisfactoriamente en este caso se deshidrato ½ kg de manzanilla en el tiempo de 6 horas, ahorrando tiempo para poder aumentar la producción.
- El prototipo que se desarrollo sirve para la formación de una microempresa enfocada a la deshidratación de hierbas aromáticas con el resultado final

- Al construir un sistema solar térmico eficiente se debe buscar los materiales ideales para su construcción, deben tener propiedades de aislamiento térmico, ser resistentes al contacto directo con el medioambiente para poder asegurar la durabilidad del mismo.
- Cuando se tiene un sistema que funciona con energía solar hay que hallar un buen lugar para ubicarlo debe ser donde no exista mucho viento ni sombras durante el día, ya que esto afecta directamente a nuestra producción y a la estabilidad del sistema solar térmico.
- El plástico que se utilizó como cubierta del colector da inconvenientes ya que al elevarse la temperatura del captador solar este se dilata, se escogió este materia ya que es liviano, económico y se lo puede manipular fácilmente para realizar cambios dentro del colector, pero en la construcción de un nuevo colector se lo debe remplazar con un material más robusto como lo es el vidrio templado para mejorar el rendimiento del mismo.
- Al ser este proyecto un prototipo funcional de energía solar térmica, se recomienda cambiar o aumentar parámetros dentro de el para hacerlo más eficiente y confiable un ejemplo puede ser la vinculación de un sistema de respaldo ya que en días lluviosos, nublados y en las noches el sistema detendrá su proceso de deshidratación.
- Siendo este un proyecto que gira entorno a la energía solar la cual es un recurso renovable puede participar dentro del Ministerio de Energías

C.T.E. Centro de Tecnología Educativa: *Curso de Energía Solar*

Felix A. Peuser (Autor), Karl-Heinz Remmers (Autor), Martin Schnauss (Autor)
Sistemas solares térmicos - diseño e instalación.

Gonzales, J. M. (2002). *Automatización de Procesos Industriales (REPASO
TEORIA DE CONTROL)*.

Ibada, J. C., López, F., & Peña, A. (2007). *Educación medioambiental*. San
Vicente (Alicante): Club Universitario.

José Mari Gonzales – 2002 Automatización de procesos industriales (REPASO
DE TEORIA DE CONTROL)

Miguel Alonso Abella CIEMAT, *Centro de Investigaciones Energéticas,
Medioambientales y Tecnológicas Departamento de Energías Renovables*

MULTIQUIP departamento de ingeniería – 2014 *Introducción al deshidratador*

Rodríguez, J. C., & Piernavieja Izquierdo, G. (2008). *Energías Renovables y
Eficiencia Energética*. Instituto Tecnológico de Canarias, S.A.

DUFFIE, J y BECKMAN, W. solar Engineering of Thermal Processes. 2da ed.
EQU, Wiley-Interscience, 919 p.

Santiago Sánchez Miño (2002). *Libro Energías renovables: conceptos y
aplicaciones*

BIBLIOTECA VIRTUAL

<http://es.calameo.com/read/0025819805399037e0f05>

http://www.prama.com.ar/alimentos_saludables/deshidatar_alimentos.php

<http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html>.

<http://energiasolarfotovoltaica.blogspot.com/2006/01/el-regulador-de-carga.html>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Amperio-hora>.

<http://es.wikipedia.org/wiki/Amperio-hora>.

http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico.

http://es.wikipedia.org/wiki/Panel_fotovoltaico. Recuperado el 20 de mayo de 2014,

<http://www.censolar.es/menu2.htm>

<http://www.unsa.edu.ar/~passamai/passam2.pdf>

<http://www.eficienciaenergetica.com/enlaces.html>

<http://www.conasi.eu/blog/consejos-de-salud/secando-y-deshidratando-frutas-y-vegetales-en-espana/>

Actuador: Actúa sobre la máquina o proceso modificando su funcionamiento, según las órdenes del controlador.

Captación de radiación: Esto se refiere cuando podemos captar la radiación solar con eficiencia.

Celdas fotovoltaicas: Convierten la energía del sol directamente en electricidad.

Células fotovoltaicas: Que convierten la luz solar en electricidad.

Colector solar: Almacena la energía proveniente del sol en forma de calor.

Deshidratador: Evapora el agua que existe en los alimentos.

Fotovoltaicas: Proviene del griego PHOS, que significa luz, y voltaico por lo que proviene del campo de la electricidad.

Policristalinas: Es el silicio está conformado por pequeños cristales de una enorme pureza.

Piranómetro o piranógrafo: Es un instrumento que se usa para medir radiación.

Placas solares: Las placas solares constan de cientos de células fotovoltaicas que convierten la luz solar en electricidad.

Sensor: Detecta las variaciones de la señal de salida y, a través del bucle de realimentación, envía esta información al comparador. El elemento sensor será de distinta naturaleza en función de la magnitud que se quiera controlar (sensores de

**ENCUESTA REALIZADA A LOS MORADORES DEL BARRIO
"BRAZALES"**

La encuesta será realizada a los moradores del barrio "Brazales" perteneciente a la parroquia "Eloy Alfaro", cantón Latacunga, con la intención de conocer el interés de estas personas por el uso de las energías renovables como lo es la energía solar y si implementarían el uso de las mismas para crear una pequeña industria familiar.

Instructivo: Coloque una X en el paréntesis de la respuesta que US. Considere correcta.

CUESTIONARIO

1. ¿Conoce usted la existencia de sistemas solares térmicos para la deshidratación de alimentos?
2. ¿Tiene usted productos alimenticios que se pueden industrializar mediante la deshidratación?
3. De existir sistemas solares térmicos para la deshidratación de alimentos estaría usted dispuesto a adquirirlos
4. Conoce los beneficios de deshidratar los alimentos mediante sistemas solares térmicos
5. Cree usted que al utilizar energías renovables como la energía solar térmica se abaratarían los costos de producción

7. Cree usted que este sistema solar térmico para deshidratar sería útil como una fuente de ingreso económico para su hogar
8. Considera usted que este tipo de proyectos podrían ser sustentables en nuestro medio
9. Conoce usted si se ha empleado sistemas de energía renovable en los últimos tiempos en nuestra ciudad

ANEXO N°2

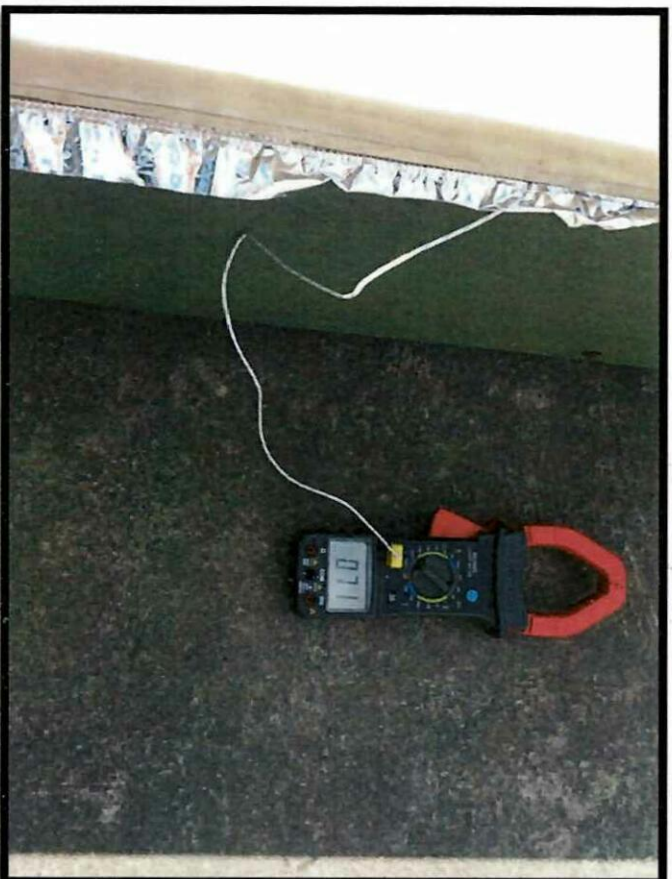
TABLA 3- Distribucion Chi Cuadrado χ^2

P = Probabilidad de encontrar un valor mayor o igual que el chi cuadrado tabulado. v = Grados de Libertad

v/P	0,001	0,0025	0,005	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
1	10,8274	9,1404	7,8794	6,6349	5,0239	3,8415	2,7065	2,0722	1,6424	1,3333	1,0742	0,8718	0,7083	0,5707	0,4849
2	13,8160	11,9817	10,5966	9,2104	7,3787	5,9915	4,6052	3,7942	3,1589	2,7726	2,4079	2,0966	1,8326	1,5970	1,3863
3	16,2660	14,1310	12,8381	11,3449	9,1484	7,8147	6,2514	5,2170	4,4166	4,1083	3,6649	3,2311	2,9492	2,6430	2,3660
4	18,4662	16,2732	14,9602	13,2767	11,1413	9,4577	7,7794	6,7449	5,9886	5,3851	4,8374	4,4177	4,0446	3,6971	3,3867
5	20,5147	18,3884	16,7496	15,0063	13,0325	11,0706	9,2363	8,1152	7,2893	6,6257	6,0644	5,5721	5,1319	4,7278	4,3515
6	22,4575	20,2491	18,5421	16,8119	14,4409	12,5916	10,4446	9,4461	8,5481	7,8408	7,2313	6,6948	6,2106	5,7652	5,3481
7	24,2733	21,9402	20,2777	18,4753	16,0129	14,0671	11,6170	10,4279	9,8032	9,0371	8,3834	7,8061	7,3827	6,8900	6,3488
8	26,1139	23,7742	21,9549	20,0992	17,6148	15,6073	13,2616	11,0771	11,0301	10,2189	9,5246	8,9694	8,4896	7,9326	7,3441
9	27,9767	25,6425	23,7893	21,8660	19,2328	16,9190	14,6317	11,7850	12,2421	11,2387	10,6584	10,0060	9,4136	8,8632	8,2418
10	29,8579	27,5410	25,6581	23,7693	20,8832	18,3070	15,872	14,5339	13,4420	12,5489	11,7807	11,0971	10,4732	9,8922	9,2418
11	31,7658	29,4791	27,5709	25,7050	22,5700	19,6782	17,2560	15,7071	14,6114	13,7607	12,8987	11,1836	11,5298	10,9199	10,3410
12	32,0992	30,4382	28,5297	26,6710	23,5167	21,0261	18,5493	16,9993	15,8120	14,8454	14,0111	13,2661	12,5838	11,9463	11,3403
13	34,5774	31,8300	29,8193	27,6882	24,7366	22,3610	19,9119	18,2020	16,9848	15,9830	15,1187	14,4461	13,6566	12,9717	12,3398
14	36,1129	33,4262	31,3194	29,1412	26,1189	23,6848	21,0641	19,4062	18,1508	17,1169	16,2721	15,4209	14,6883	13,9961	13,3393
15	37,6978	34,9494	32,8925	30,6780	27,4884	24,9968	22,2071	20,6930	19,2107	18,2451	17,2317	16,4940	15,7332	15,0197	14,3389
16	40,2518	36,4866	34,7671	31,9999	28,8483	26,2981	23,4218	21,7921	20,4651	19,4689	18,4179	17,6446	16,7796	16,0426	15,3385
17	41,3119	37,9462	35,7184	33,4087	30,1910	27,5871	24,7690	22,9770	21,6166	20,6887	19,5110	18,8344	17,8244	17,0646	16,3382
18	42,8194	39,4210	37,1864	34,9962	31,6264	28,8693	25,9994	24,1866	22,7596	21,6049	20,6014	19,6993	18,9679	18,0660	17,3379
19	43,8194	40,8347	38,5921	36,1908	33,8523	30,1436	27,2026	25,3389	23,9004	21,7175	21,6591	20,7638	19,9102	19,1069	18,3376
20	45,3142	42,3488	39,9969	37,6663	34,1098	31,4104	28,4120	26,4976	25,0375	22,8177	22,7746	21,8266	20,9814	20,1272	19,3374
21	46,7963	43,7749	41,4009	38,9122	35,4789	32,6706	29,6151	27,6720	26,1711	24,0346	23,8578	22,8876	21,9916	21,1470	20,3372
22	48,2676	45,2041	42,7957	40,2804	36,7907	33,9246	30,8133	28,8224	27,2015	25,0393	24,9300	23,9473	23,0307	22,1663	21,3370
23	49,7176	46,6321	44,1814	41,6383	38,0766	35,1726	32,0069	29,9792	28,4388	27,1413	26,0184	25,0965	24,0689	23,1862	22,3369
24	51,1790	48,0316	45,5684	42,9798	39,3641	36,4150	33,1962	31,1325	29,5513	28,2412	27,0960	26,0925	25,1064	24,2047	23,3367
25	52,6187	49,4361	46,9790	44,3110	40,6466	37,6676	34,3816	31,2925	30,6782	29,3388	28,1719	27,1183	26,1410	25,2218	24,3366
26	54,0511	50,8291	48,2398	45,6416	41,9211	38,8881	35,5432	31,4296	31,7946	30,4246	29,2463	28,1730	27,1789	26,2396	25,3365
27	55,4781	52,2152	49,6450	46,9628	43,1946	40,1133	36,7412	34,5736	32,9117	31,6284	30,3193	29,2166	28,2141	27,2569	26,3363
28	56,8918	53,5919	50,9936	48,2782	44,4608	41,3372	37,9259	35,7150	34,0266	31,6206	31,3909	30,2791	29,2486	28,2740	27,3362
29	58,3066	54,9662	52,3166	49,5878	45,7223	42,5609	39,0975	36,8518	35,1994	33,1709	32,4612	31,3306	30,2926	29,2908	28,3361

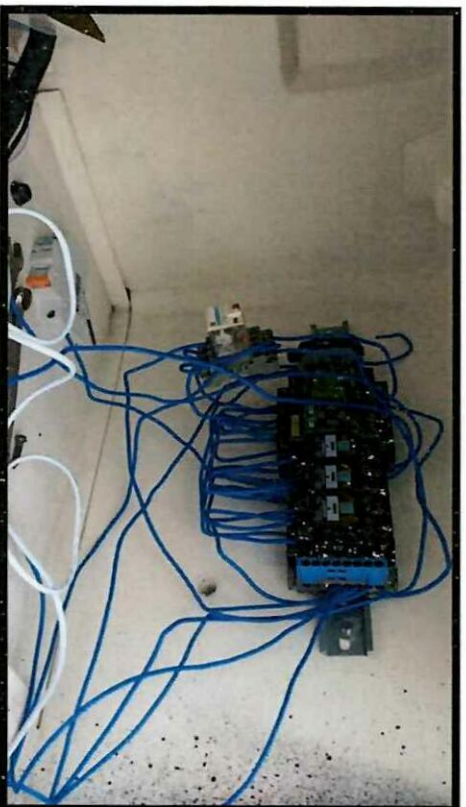
FUENTE: Simulacionunilibre.blogspot.com/p/chi-cuadrado.html

Figura N° 36. Medición de la temperatura en el colector solar.

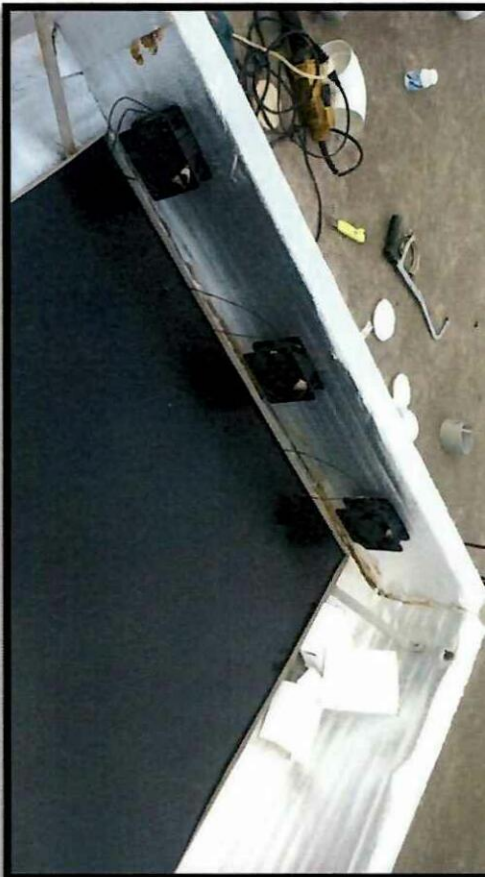


FUENTE: Elaborado por el postulante

Figura N° 37. Montaje y conexionado de los elementos de control eléctrico

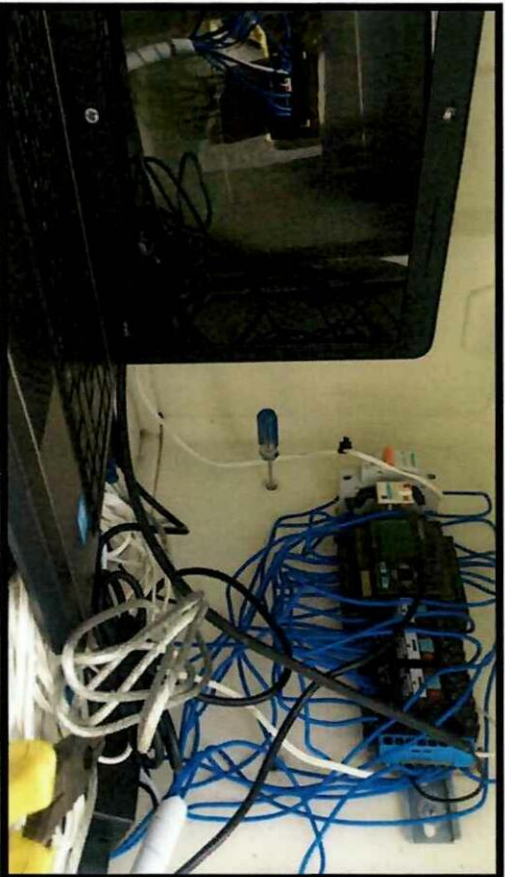


FUENTE: Elaborado por el postulante



FUENTE: Elaborado por el postulante

Figura N° 39. Transferencia del sistema de control elaborado en la PC al logo



FUENTE: Elaborado por el postulante



FUENTE: Elaborado por el postulante

