



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

TEMA:

**Estudio de un modelo de horno para secado de *Theobroma Cacao*
alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO**

AUTOR:

Quispe Bravo, Guillermo Gabriel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de

INGENIERO EN ELÉCTRICO- MECÁNICO

TUTOR:

M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl

Guayaquil, Ecuador

8 de marzo del 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO- MECÁNICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.
Quispe Bravo, Guillermo Gabriel como requerimiento para la obtención del
título de **INGENIERO ELECTRÓNICO-MECÁNICO**.

TUTOR

M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Quispe Bravo, Guillermo Gabriel**

DECLARÓ QUE:

El trabajo de titulación “**Estudio de un modelo de horno para secado de *Theobroma Cacao* alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero en Eléctrico-Mecánico**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Quispe Bravo, Guillermo Gabriel



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO - MECÁNICA

AUTORIZACIÓN

Yo, **Quispe Bravo, Guillermo Gabriel**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Estudio de un modelo de horno para secado de *Theobroma Cacao* alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 8 días del mes de marzo del año 2022

EL AUTOR

Quispe Bravo, Guillermo Quispe

REPORTE URKUND

URKUND Orlando Philco Asqui (orlando.philco)

Lista de fuentes Bloques

Documento	Presentado	Presentado por	Recibido	Mensaje
Quispe_Guillermo Tesis.docx (D131203024)	2022-03-22 12:42 (-05:00)	orlandophilco_7@hotmail.com	orlando.philco.ucsg@analysis.orkund.com	tesis 'Quispe_Guillermo Tesis' Mostrar el mensaje completo

0% de estas 35 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Categoría	Enlace/nombre de archivo
	Tesis Guillermo Quispe Tesis.docx
	Trabajo de Titulación-Leonel Lino Veas (1).docx
Fuentes alternativas	https://www.redalyc.org/journal/837/83747942003/html/#redalyc_83747942003_ref0Cas...

70% #1 Activo

Archivo de registro Urkund: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil / Tesis Guillermo Qui... 70%

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

TEMA: Estudio de un modelo de horno para secado de Theobroma Cacao alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO

AUTOR: Quispe Bravo, Guillermo Quispe

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICO

TUTOR: M. Sc. Edgar Raúl Quezada Calle

Guayaquil, Ecuador

08 de marzo del 2022

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr. Quispe Bravo, Guillermo

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

TEMA:

Estudio de un modelo de horno para secado de Theobroma Cacao en AutoCAD alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO

AUTOR: QUISPE BRAVO, GUILLERMO GABRIEL

Trabajo de titulación previo a la obtención del grado de INGENIERO EN ELÉCTRICO- MECÁNICA

TUTOR: ING. EDGAR RAUL QUEZADA CALLE MGS.

Guayaquil, Ecuador 2021

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA EN ELÉCTRICO-MECÁNICA CON MENCIÓN EN GESTIÓN EMPRESARIAL INDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por GUILLERMO GABRIEL QUISPE BRAVO, como requerimiento para la obtención del Título de Ingeniería en Eléctrico- Mecánica.

TITULO: INGENIERO EN ELÉCTRICO-MECÁNICA

ING. EDGAR RAUL QUEZADA CALLE MGS.

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a DIOS por haberme dado la sabiduría, entendiendo y fuerzas necesarias para llegar hasta alcanzar esta meta trazada desde muchos años atrás y que hoy estoy cumpliendo.

A mis padres que con su ferviente amor han sabido guiarme sin parar y darme la oportunidad de cumplir este reto, ustedes son los mejores.

AGRADECIMIENTO

Cerrando un ciclo de vida agradezco a DIOS todo poderoso que con su infinita bendición me ha permitido llegar hasta este día sin el nada es posible. Ya que ha puesto en mi camino a personas valiosas a lo largo de mi carrera universitaria.

A la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por brindarme la oportunidad de formar parte de la comunidad estudiantil.

A mi Padre y Madre que con esfuerzo y dedicación me han dado su apoyo, cariño y ejemplo para superarme, esto es de ustedes

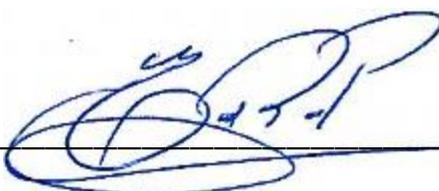
A mi tutor Ing. Edgar Raúl Quezada Calle que impartió su experiencia y conocimiento para la aportación de este trabajo de titulación



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

M. Sc. Romero Paz, Manuel De Jesus

DECANO

f. 

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

DIRECTOR DE CARRERA

f. 

M. Sc. Hidalgo Aguilar, Rafael

OPONENTE

ÍNDICE GENERAL

Índice de Figuras	XIII
Índice de Tablas.....	XV
Resumen.....	XVI
Abstract	XVII
Capítulo 1: Generalidades del trabajo de titulación	2
1.1. Introducción.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivo general	4
1.5. Objetivos específicos.....	4
1.6. Antecedentes	4
1.7. Metodología de la investigación	5
1.8. Hipótesis.....	6
Capítulo 2: Marco Teórico.....	7
2.1. Origen del Cacao	7
2.1.1. Cacao en el Ecuador.....	7
2.1.2. La comercialización de cacao	10
2.2. Secado del cacao.....	11
2.2.1. Tipos de secado de Cacao.....	11
2.2.2. Secado Natural.....	11
2.2.3. Secado Artificial del Cacao	12
2.3. Tipos de secadores artificiales.....	13
2.3.1. Secadores de bandeja o armario	13
2.3.2. Secador Rotatorio.....	14
2.3.3. Secador Tipo Túnel	14

2.3.4.	Secadores directos.....	15
2.3.5.	Secador solar tipo túnel de policarbonato	17
2.4.	Secador de Tambor	18
2.5.	Propiedades físicas	19
2.5.1.	Transferencia de masa y de energía	20
2.6.	Hornos para secado de cacao	20
2.7.	Horno de cacao actualmente utilizado a base de combustibles	22
2.8.	Energía Solar	22
2.8.1.	Placas Fotovoltaicas	23
2.8.2.	Sistema solar térmico.....	23
2.9.	Herramientas de diseño gráfico.....	24
2.10.	Historia CAD	25
2.11.	Tipos de herramientas CAD.....	25
2.11.1.	Software para simulación	25
2.12.	FreeCAD.....	27
2.13.	SelfCAD	28
2.14.	AutoCAD.....	29
2.14.1.	Usos y funcionalidades de AutoCAD.....	30
2.15.	Energía Solar	31
2.16.	Aprovechamiento pasivo del recurso solar	32
2.17.	Conversión Fotovoltaica	32
2.18.	Tipos de Paneles	32
2.18.1.	Paneles Monocristalinos.....	33
2.18.2.	Paneles Policristalinos	34
2.19.	Tipos de baterías	35
2.19.1.	Baterías de plomo - ácido.....	36

2.19.2. Cálculo de la capacidad del banco de baterías necesario en A-H.	36
2.19.3. Inversor de voltaje DC - AC	37
2.20. Controladores de carga.....	37
2.21. Cálculo para un sistema solar.....	39
2.21.1. El consumo energético	39
2.22. Sistemas embebidos	40
2.22.1. Principios de diseño de un sistema embebido.....	41
2.22.2. Aplicaciones de un sistema embebido.....	41
2.23. ¿Qué es un Microcontrolador o MCU?.....	41
2.24. Development kit.....	42
2.25. Arduino.....	42
2.25.1. Cómo funciona Arduino	43
2.25.2. Pines digitales de entrada y salida	43
2.26. Raspberry.....	44
2.27. Mikro C.....	45
2.28. ¿Qué es PROTEUS?	46
2.29. Características de Proteus	47
Capítulo 3: Aportación del trabajo de titulación	48
3.1. Diseño en AutoCAD.....	48
3.2. Características del horno.	48
3.3. Cálculo de paneles solares.	50
3.4. Cálculo de baterías	51
3.5. Desarrollo en Proteus.....	52
2.30. Diagrama de Control	53
CONCLUSIONES	56
RECOMENDACIONES.....	57

Anexo 1: visita al agricultor valoración de precios cacao no seco.	58
Anexo 2: Secado natural bajo el Sol.	59

Índice de Figuras

Figura 2.1: Ruta del cacao	9
Figura 2. 2: Secado Natural del Cacao	12
Figura 2.3: Secador tipo Samoa	13
Figura 2. 4: Secador de Bandeja	14
Figura 2.5: Secador Rotatorio	14
Figura2. 6: Secador Tipo Túnel.....	15
Figura 2.7: Diseño final del secador solar directo con vista (A) frontal y (B) transversal	15
Figura 2. 8: Secador Tipo túnel de policarbonato	17
Figura 2.9: Secador de Tambor	19
Figura 2.10 : Sistema solar térmico	24
Figura 2.11: Captura de Pantalla FreeCAD	27
Figura 2.12: Captura de Pantalla SelfCAD	28
Figura2. 13: Dibujo AutoCAD	30
Figura2 . 14: Panel solar monocristalin.....	34
Figura 2. 15: Paneles solares policristalinos	35
Figura 2.16: Tipos de Baterías	36
Figura 2.17: Sistema Fotovoltaico	38
Figura 2.18: Controlador Solar	39
Figura 2.19: Microcontrolador.....	42
Figura 2. 20: Arduino.....	43
Figura 2.21: Elementos Importantes del Arduino	44
Figura 3.22: Diseño en AutoCAD de horno para secado de cacao	48
Figura 3.23: Extractor de Aire.....	49
Figura 3.24: Parte Interna con resistencia en espiral	49
Figura 3. 25: Diseño de Paneles Solares	51
Figura 3.26: Arduino Ilustrado	52

Figura 3.27: Diagrama de control53

Índice de Tablas

CAPITULO 3

Tabla 1: Indicación de factores a intervenir en el proceso de generación.	38
Tabla 2: Precio del cacao húmedo en 6 meses	54
Tabla 3: Precio del cacao seco en 6 meses	54
Tabla 4: Valores de cacao humedo vs seco	55

Resumen

El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal el estudio de un diseño de horno de secado de cacao, alimentado con energía renovable, este diseño y estudio fue creado al ver la problemática que presentan los pequeños y medianos agricultores en el proceso de secado de cacao por el clima húmedo que existe dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, esto ayudara al agricultor a que su producto tenga mayor precio a la hora de comercializarlo, este diseño está controlado por sistemas embebidos el cual ayudara a un fácil manejo al momento de la manipulación, tales como la visualización de temperaturas en la recamara, también es un horno fácil de usar y trasportar de un lugar a otro en sectores que no tengan energía eléctrica, como por ejemplos en el sitio de producción del cacao esto debe ser alimentado con energía solar ya que el gran beneficio de este horno pero mite aprovechar al 100 % la luz del día sin importar lo soleado que este el día, por su alta captación en los paneles, además facilita ya introducción del cacao ya que cuenta con bandejas deslizantes, la cámara del mismo está cubierta de una capa de lana de vidrio esto ayudara a una mayor concentración y aprovechamiento de calor ,cuenta con una resistencia eléctrica y con un sistema de ventilación en la parte superior esto permite que el calor fluya en toda la recamara dejando como paso final un secado uniforme.

PALABRAS CLAVES: Energía Renovables, Sistemas Fotovoltaicos, Energía Solar, Secado de Cacao, Arduino, Diseño, Horno secador, Panel solar

Abstract

The main objective of this degree work is the study of a cocoa drying oven design, powered by renewable energy, this design and study was created to see the problems faced by small and medium farmers in the process of drying cocoa by the humid climate that exists within the province of Santo Domingo de lo Tsáchilas, This will help the farmer to have a higher price for his product at the time of marketing, this design is controlled by embedded systems which will help easy handling at the time of handling, such as displaying temperatures in the chamber, it is also an oven easy to use and transport from one place to another in areas that do not have electricity, It is also easy to use and transport from one place to another in areas that do not have electricity, for example in the cocoa production site, this should be fed with solar energy since the great benefit of this oven is that it takes advantage of 100% of the daylight no matter how sunny the day is, due to its high uptake in the panels, it also facilitates the introduction of the cocoa since it has sliding trays, The chamber is covered with a layer of glass wool, this will help to a greater concentration and use of heat, has an electrical resistance and a ventilation system at the top that allows the heat to flow throughout the chamber leaving as a final step a uniform drying.

KEY WORDS: Renewable energy, Photovoltaic systems, Solar energy, Cocoa drying, Arduino, Design, Dryer oven, Solar panel

Capítulo 1: Generalidades del trabajo de titulación

1.1. Introducción

El cacao es un cultivo importante en Santo Domingo de los Tsáchilas, con 19,837 ha cultivadas con bajos rendimientos y pobre desarrollo tecnológico debido a la heterogeneidad de las fincas y de las estrategias de manejo (El Comercio, 2009). Siendo un cultivo de especialidad global que ha experimentado algunos problemas para adaptarse al cambio climático, un mercado cambiante y la agricultura industrializada. A diferencia del café, que solo se ha cultivado durante unos 500 años, el cacao se ha cultivado durante más de 5.000 años.

Al estudiar cómo se cultivaba el cacao en la antigua Amazonía y fusionar esa información con la genética moderna, es posible que podamos crear un futuro próspero y diverso para el cacao. Los arqueólogos reescriben rutinariamente la historia del cacao a medida que surgen nuevas pruebas en América Central y del Sur. Hasta hace poco, los arqueólogos rastrearon los orígenes del chocolate hasta los países centroamericanos asociados con los mayas y aztecas. (UNESCO, 2021)

El cacao es una planta muy importante ya sea en nuestra alimentación como en la economía en nuestro país hay grandes producciones de cacao puesto que fue declarado el mejor productor de cacao del mundo. Uno de los procesos más importantes del mismo es su secado en la actualidad por la escasez de recursos es realizado de forma natural y en menor parte se aplica el secado artificial que consiste en el empleo de secadoras mecánicas haciendo pasar una corriente de aire seco y caliente por la masa del cacao hasta alcanzar una humedad de 7%. (Fabricio, 2020)

En secado natural se aprovecha la radiación solar, pero en época invernal es perjudicial ya que ocasiona daños en el producto y pérdidas en la

producción. El tiempo de secado de forma natural lleva de 6 a 7 días según la radiación solar (600 a 800 W/m²), temperatura, humedad relativa, etc (García, y otros, 2007). La manera de realizar el secado en menor tiempo es de forma artificial ya sea mediante el uso de máquinas artesanales. Al evidenciar ciertas falencias este se propone el estudio de un modelo de horno de secado cacao haciendo uso de herramientas tecnológicas de diseño como es AutoCAD alimentado dicho sistema con energía renovable y controlado por ARDUINO con el objetivo de disminuir el tiempo de secado y aumentar la producción, así como también mejorar la eficiencia energética.

Propuesta de tesis: Estudio de un modelo de horno para secado de *Theobroma Cacao* en AutoCAD alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO.

1.2. Planteamiento del problema

La ciudad de Santo Domingo de los Colorados, tiene una excelente producción agrícola de cacao, la cual es fuente de ingresos de pequeños y medianos productores, el incremento de tiempo en el proceso de secado de este y el clima húmedo-variado de la ciudad conlleva a los productores a vender dicho producto sin reducir la humedad del mismo, generando menores ganancias y en ciertos casos hasta pérdidas en sus ventas.

1.3. Justificación

El estudio de un modelo de horno para secado de cacao permitirá visualizar la proyección automatizada del proceso de secado en el que se reducirá la humedad del producto a un porcentaje adecuado, demostrando su eficiencia y aumento de producción, ayudando a los productores en la incrementación de sus ingresos económicos realizado mediante la venta de cacao seco.

1.4. Objetivo general

Realizar el estudio de un horno para secado cacao, mediante un prototipo diseñado en AutoCAD, alimentado con energía renovable, y controlado por sistemas embebidos.

1.5. Objetivos específicos

1. Realizar diseño eléctrico y modular, del horno de secado
2. Diseñar, el circuito de alimentación con energía renovable.
3. Implementar en Proteus el sistema embebido para controlar el horno de secado de cacao.

1.6. Antecedentes

El cacao es un producto de exportación en el Ecuador, su cultivo se lo realiza durante el año completo, por ser de extremada producción, los agricultores del sector costero se dedican al cultivo de este. Después de la cosecha es importante realizar lo que se refiere a la fermentación, aquí él debe poseer un porcentaje de humedad que varía entre 55 y 60 % aproximadamente, hay diferentes maneras de hacerlo sean estos mediante cajones de madera o tendales. (Jácome, 2010). Otro parámetro a considerar con el propósito de reducir el porcentaje de humedad es mediante el secado, para que su resultado final tenga éxito en el mercado se debe obtener un porcentaje de humedad entre 9 y 10%, a esta humedad él mantiene sus características, la temperatura debe alcanzar un rango de 40 –60 °C para el secado adecuado. (Espinosa & Ruiz, 2015)

Hoy en día existe una gran variedad de maquinaria para el proceso de secado de cacao; los avances tecnológicos han permitido fabricar máquinas a gran escala, y las grandes empresas realizan el proceso de secado de cacao con máquinas de gran capacidad que permiten reducir los costos y secar grandes cantidades al mismo tiempo, el precio de estas máquinas es elevado por lo que no se ajustan a las necesidades de pequeños productores.

Los pequeños y medianos productores requieren secar cantidades pequeñas de cacao; debido a que las máquinas que desarrollan este proceso no están diseñadas para estos volúmenes de producción, es por esto que el productor se ve obligado a realizar el proceso de secado al ambiente que requiere de 6 a 10 días dependiendo de las condiciones climáticas y debido a que no dispone de una máquina para secar su cacao y es por este motivo que opta por vender su producto húmedo a centros de acopio para que ellos realicen el secado en máquinas para grandes capacidades de secado, esto provoca que las ganancias del productor se vean disminuidas. (Barbecho & Loja, 2019)

1.7. Metodología de la investigación

En el presente proyecto, se utilizará el método deductivo y analítico, para encontrar información concreta, para implementar una solución al secado del cacao. De acuerdo a (Dávila Newman, 2006) otra fuente de conocimiento es el razonamiento deductivo, cuando el hombre tiene unificación de las ideas se tiene el concepto de veracidad. Los filósofos griegos hicieron la primera contribución de importancia al desarrollo de un método sistemático para descubrir la verdad. Aristóteles y sus discípulos implantaron el razonamiento deductivo como un proceso del pensamiento en el que de afirmaciones generales se llega a afirmaciones específicas aplicando las reglas de la lógica. Es un sistema para organizar hechos conocidos y extraer conclusiones, lo cual se logra mediante una serie de enunciados que reciben el nombre de silogismos, los mismos comprenden tres elementos: a) la premisa mayor, b) la premisa menor y c) la conclusión. He aquí un ejemplo: a) todos los hombres son mortales (premisa mayor), b) Sócrates es hombre (premisa menor); por lo tanto, c) Sócrates es mortal (conclusión). Si las premisas del razonamiento deductivo son verdaderas, la conclusión también lo será. Este razonamiento permite organizar las premisas en silogismos que proporcionan la prueba decisiva para la validez de una conclusión; generalmente se suele decir ante una situación no entendida “Deduzca”, sin embargo, el razonamiento deductivo tiene limitaciones. Es necesario empezar con premisas verdaderas para llegar a conclusiones válidas.

1.8. Hipótesis

Santo Domingo de los Colorados, tiene un clima húmedo, lluvioso y nublado, esto conlleva a no tener un secado ideal del cacao para la venta, al utilizar el horno para el proceso de secado, producirá incremento en los ingresos del producto en un 85%.

Capítulo 2: Marco Teórico

2.1. Origen del Cacao

Se cree que el árbol de cacao tuvo origen en la cuenca del Amazonas, donde se propagó hacia el este y hacia el norte de México. Los españoles fueron los encargados de extender su cultivo al Caribe y su consumo en Europa. Las culturas nativas como los Olmecas y los Mayas conocían de él y lo consideraban como el alimento de los dioses. Los granos eran utilizados como unidad monetaria por los Aztecas quienes también lo disfrutaban como bebida. Actualmente se cultiva en África, Centroamérica, Sudamérica, Asia y Oceanía. El 55% de la producción mundial está a cargo en el continente africano, el 36% procede de América Central y en el sur donde aparecen proveedores como Brasil y en una menor producción, el Ecuador, el resto se cultiva en Asia y Oceanía. (Barbecho & Loja, 2019)

2.1.1. Cacao en el Ecuador

La cultura del cacao en Ecuador es antigua, desde la llegada de los españoles a la costa del pacífico, ya se observaban grandes árboles, tradicionalmente se ha sostenido que él se encontraba en Mesoamérica, entre México, Guatemala y Honduras donde su uso esta atestiguado alrededor de 2.000 años antes de Cristo. En 1830 se declara la fundación del Ecuador. Muchas familias adineradas dedican sus tierras para cultivar este producto, en haciendas las cuales acogieron el nombre de Grandes Cacao; situadas con preferencia en Vinces y otros cantones de la provincia de Los Ríos, se deja encargadas a terceras personas para la administración de estas tierras, mientras los dueños pasan largas temporadas en Europa, adoptando así el sobre nombre de "Paris chiquito". (Asanza, Alvarado, Peñafiel, & Francisco, 2019)

Es un símbolo para el Ecuador, cultivan dos tipos de cacao: el CCN-51 y el conocido como Cacao Nacional, el mismo es fino y conocido como 'Arriba, según datos de Pro-Ecuador. Por la calidad de este producto, nuestro país

tiene participación a nivel mundial en este segmento. Según la ICCO (INTERNATIONAL COCOA ORGANIZATION), Ecuador representa el 7% de la producción total a nivel mundial, ocupando el tercer lugar.

El cacao es uno de los principales productos tradicionales de la producción ecuatoriana, según el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) el sector cacaotero contribuye a al 5% de la PEA (Población Económicamente Activa) nacional y el 15% de la PEA rural, ayudando de forma fundamental a la base de la economía familiar costera del país.

ANECACAO presenta estadísticas en la que da a conocer la actualidad del cacao y en el último informe se muestra que durante el 2018 las exportaciones de los semielaborados representan 6.33% del suministro exportable total de cacao y sus productos exportados, donde los principales destinos son la Unión Europea y Estados Unidos. (Asanza, Alvarado, Peñafiel, & Francisco, 2019)

En la actualidad se cultivan algunos tipos, pero la variedad conocida como NACIONAL es buscada entre los fabricantes de chocolate, por la calidad de sus granos y la finura de su aroma. Sin embargo, la llegada de enfermedades severas como la Monoliosis o la Escoba de Bruja, se dio hace unos 100 años, debido a la introducción masiva de cacao extranjero, proveniente particularmente de Venezuela. (Anecacao, 2015)

Estos cacaos se cruzaban con la variedad local, dando híbridos vigorosos y productivos, pero cuyos frutos tenían una calidad aromática menor que la original. Procedieron a encontrar la variedad ancestral, que se estaba paulatinamente perdiendo en el proceso de hibridación y poder así volver a recrear las variedades productivas con un gusto equivalente a la variedad nativa Nacional. (Anecacao, 2015)

Actualmente el Ecuador es uno de los líderes produciendo cacao fino y de aroma en Sudamérica ya que se cultivan 263000 hectáreas distribuidas en las tres regiones del Ecuador: en la provincia de Los Ríos con el 35%, Guayas con el 25%, Manabí con el 14%, Esmeraldas con el 8%, y El oro con el 5%. El porcentaje restante está distribuido entre las provincias Pichincha, Cotopaxi, Bolívar, Chimborazo, Cañar, Azuay y el oriente. La figura 2.1 muestra la ruta del cacao en el Ecuador.

2.1.2. La comercialización de cacao

Se lleva a cabo a través de asociaciones de productores, intermediarios, comisionistas y exportadores. Los intermediarios tienen un contacto directo con el agricultor, unos se ubican en las poblaciones de las zonas de producción en las principales provincias; mientras que otros las recorren adquiriendo el grano; y, en muchas ocasiones, comercializan el cacao para otros intermediarios y comisionistas. En un extremo del espectro encontramos que el canal entre el productor y el exportador tiene por lo menos dos intermediarios: los pequeños acopiadores y los mayoristas. Los pequeños acopiadores compran el grano directamente del agricultor visitando las fincas individuales. En una etapa posterior, estos acopiadores venden lo adquirido a los mayoristas quienes, a su vez, revenden a los exportadores. En el otro extremo de la cadena de comercialización del cacao, el grano se vende directamente al exportador. Esto se lo hace a través de la participación de asociaciones o cooperativas de productores y, en ocasiones, esta agrupación gremial exporta directamente. (Guerrero, 2020)

Al otro lado de esta cadena de producción se encuentra una serie de países y continentes que, sin producir el grano, tienen una demanda de cacao-chocolate per cápita altísima. También resulta interesante señalar que las brechas de consumo de este producto en el mundo son enormes. Países como Alemania, Suiza y el Reino Unido consumen 11 kg por habitante por año. Por otro lado, en Centroamérica se consumen en promedio 0.15 kg de chocolate por habitante por año. En general, los indicadores de consumo en

América Latina están por debajo de las máximas mundiales, pero por encima del promedio mundial. Y hay un gran potencial de crecimiento. (Sáenz & Riveros, 2017)

2.2. Secado del cacao

Es indispensable para facilitar el transporte, manejo, almacenamiento y comercialización del grano. Después de fermentado queda con más o menos el 55% de humedad, pero ésta se debe reducir a un margen entre 6.5 a 7.5% como garantía para que se pueda vender o almacenar por algún tiempo. (Poscosecha Cacao, 2019)

2.2.1. Tipos de secado de Cacao

El cacao se puede secar natural o artificialmente. Otra forma de secar cacao al sol en pequeñas plantaciones es el uso de tendales o esterillas hechas de bambú convenientemente arreglado, de modo que se puede envolver y desenvolver para secar o guardar, según el caso. (Poscosecha Cacao, 2019)

2.2.2. Secado Natural

La Organización Internacional del Cacao ofrece algunas recomendaciones sobre cómo secar los granos de cacao. Los granos fermentados son secados lentamente para finalizar con éxito todas las reacciones químicas necesarias que ayudan a producir una amargura agradable y otros sabores deseados en el cacao. El período de secado suele durar de cinco a siete días para disminuir el contenido de humedad de los granos del 70% al 7%. Esto se puede hacer usando dos métodos diferentes: secado al sol y secado artificial. El secado al sol es una práctica tradicional común, especialmente para los pequeños agricultores, porque es significativamente más barato que el secado artificial. Los granos de cacao se extienden en lonas o pisos de concreto en una capa relativamente delgada y se giran o se mueven con un rastrillo para un secado uniforme. Este método

se puede realizar en lugares con estaciones de clima secas más largas, como Costa de Marfil, y demora aproximadamente de 5 a 10 días. El secado artificial utiliza métodos mecánicos para reducir el contenido de humedad de los granos de cacao. Este método es costoso ya que los productores de cacao necesitan invertir más. (Grainpro, 2019)



Figura 2. 2: Secado Natural del Cacao
Fuente: (Nogales, 2019)

Además, durante el secado se da la fase oxidativa de la fermentación, por lo que juega un papel importante en la disminución de la astringencia, amargor y acidez del grano, así como en el desarrollo del color marrón a partir de los compuestos fenólicos azúcares reductores y proteínas, lo que ocurre solamente en esta etapa. (Valdivia, 2019)

2.2.3. Secado Artificial del Cacao

Se utilizan distintas fuentes de calor, preferentemente las generadas a partir de la combustión de carburantes como el gas natural. Para el beneficiado del cacao en Ecuador se utilizan mayoritariamente secadores artificiales estacionarios, tienen algunos tipos de secadores artificiales: estufas, secadoras con leña, secadoras de combustión, secadoras eléctricas y la secadora de cacao tipo Samoa. Según el mismo autor, la mayor parte de la producción de cacao proviene de países en donde el secado es predominantemente natural, sin embargo en algunas regiones geográficas los períodos de cosecha coinciden con épocas de lluvia y humedad alta, en cuyo caso inevitablemente se recurre al secado artificial. (Parra, 2019)

Una variación del secador tipo Samoa, consiste en una cámara de aire caliente totalmente cerrada, cuyo techo está constituido por una plancha perforada en donde se coloca el cacao. La diferencia con el secador tradicional tipo Samoa está en que no se utiliza el tubo interno, simplemente el aire caliente es alimentado desde una fuente de calor externa utilizando un ventilador. En la Figura 2.3 se ilustra un sistema de secado con convección forzada. El secador tipo Samoa utiliza convección natural, es decir que el flujo de aire sucede por diferencia de densidades entre el aire caliente y el aire frío o a temperatura ambiental. (Parra, 2019)



Figura 2.3: Secador tipo Samoa
Fuente: (Parra, 2019)

2.3. Tipos de secadores artificiales

El secado artificial requiere de una fuente de calor artificial que es generado por hornos, quemadores, estufas u otros medios que proporcionen calor para efectuar el proceso de deshidratación de los granos de cacao (Maupoey, 2019). A continuación, se detallan algunos tipos de secadores utilizados en la industria.

2.3.1. Secadores de bandeja o armario

Normalmente formado por una cámara metálica rectangular que contiene unos soportes móviles sobre los que se apoyan los bastidores, cada uno con un número de bandejas poco profunda, donde se cargara el material a secar como se indica en la Figura 2.4. El aire caliente circula entra las bandejas por medio de ventiladores, siendo previamente calentado por medio de intercambio de calor, normalmente con tuberías por las que pasa vapor de

agua. Cuando las características de diseño lo permiten, las bandejas pueden ser perforadas para aumentar el área de contacto entre el sólido y el aire disminuyendo así la duración del secado



Figura 2. 4: Secador de Bandeja
Fuente: (Maupoey, 2019)

2.3.2. Secador Rotatorio

Secador de flujo continuo, posee una cáscara cilíndrica que gira sobre sus soportes y trabaja con una ligera inclinación respecto a la horizontal. Su tamaño está en relación con su diámetro variando entre 4 y 10 veces. El material que ingresa avanza por gravedad en virtud de la rotación e inclinación, saliendo secos por el extremo opuesto. Cuando los gases avanzan en el sentido de la descarga, éstos ayudan al material a avanzar; pero también pueden ir en sentido contrario como se indica en la Figura 2.5.



Figura 2.5: Secador Rotatorio
Fuente: (SIAP, 2019)

2.3.3. Secador Tipo Túnel

Se asemejan a los secadores de bandeja como se indica en la figura 2. 6, pero tienen un funcionamiento semi-continuo. Aquí las bandejas se cargan sobre carretillas que se trasladan a lo largo del túnel de secado, con gases

calientes que pasan sobre la superficie de cada bandeja con un flujo que puede ser a contracorriente, en paralelo o una combinación de ambos. Al introducir una nueva carretilla, la primera está siendo evacuada con el producto seco mientras las restantes se adelantan una posición en su recorrido. Así, estos conservan la flexibilidad de los de bandeja en cuanto a gama de productos que permite deshidratar aumentando la capacidad de producción con un funcionamiento prácticamente continuo. (Caballero, 2015)



Figura2. 6: Secador Tipo Túnel
Fuente: (DCA News, 2021)

2.3.4. Secadores directos

Uno de los métodos antiguos utilizados por el ser humano para la conservación de los alimentos es la deshidratación o desecado, por el hecho de que en los ambientes secos no actúan ni microorganismos ni enzimas que descompongan los alimentos; se trata de uno de los métodos más efectivos para preservar los frutos a consumir. Este motivo fue el que dio origen al diseño y desarrollo de secadores y deshidratadores, con métodos de eliminación de humedad; éstos pueden ser: desde medios mecánicos, utilizando prensas, máquinas centrífugas, hasta el secado por procesos térmicos con aire caliente por tiro natural o forzado. (Ospina & Tinoco, 2018)

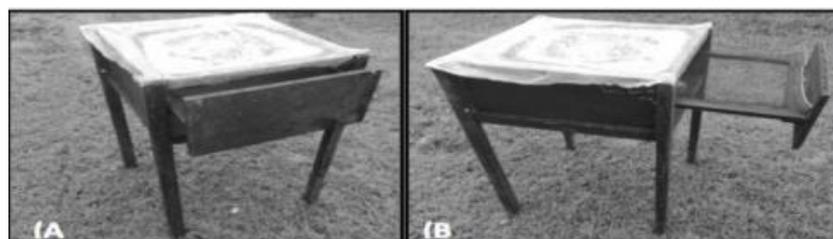


Figura 2.7: Diseño final del secador solar directo con vista (A) frontal y (B) transversal

Fuente: (Ospina & Tinoco, 2018)

En la actualidad son utilizados, en los sistemas de deshidratación mecánicos por medio de combustibles fósiles, cuyo proceso se lleva a cabo por efecto del calor y los gases generados al quemar el combustible o al calentar el aire; el cual también es conocido como “proceso de secado industrial”. Dicho secado industrial presenta ventajas atractivas, ya que se logran temperaturas más altas en menor tiempo y se obtiene menor grado de humedad, por lo que se facilita y acelera la deshidratación; además de que se protegen los granos contra la lluvia, el polvo e insectos o animales indeseables; sin embargo, es considerado un procedimiento de altos costos económicos y ambientales (Castañeda, 2021)

En los últimos años ha aumentado en gran medida no sólo la preocupación por el desarrollo sustentable, las regulaciones y limitaciones de los impactos ambientales de la industria alimenticia, sino también la demanda de cacao para la producción de chocolate tanto en el mercado nacional como internacional; por lo que existe el interés en desarrollar procesos que permitan lograr un grano de cacao deshumidificado de manera económica y con el menor consumo posible de energía eléctrica , Una propuesta para lograr este propósito es usar la energía solar. (Castañeda, 2021)

El secador solar, al hacer uso de la luz del sol y de las corrientes de aire caliente naturales, permite llevar a cabo el proceso de una manera eficiente e higiénica, si se lleva a cabo mediante la exposición directa al sol en un dispositivo sellado herméticamente. Aunque el método es de bastante provecho y ecológico, en algunos casos no es regulable en cuanto a: tiempo exacto de secado, protección completa del producto y uso de energía solar; variables que son determinantes en la optimización del proceso de deshidratación. (Romero, 2021)

(Ospina, 2021) realizó un análisis del proceso de deshidratación del cacao con miras a la disminución del tiempo de secado. En este trabajo realizaron dos pruebas experimentales de secado y análisis computacional

basado en elementos finitos. Para la primera prueba se utilizó un horno de gas con bandejas perforadas dispuestas verticalmente y una muestra de cacao con una masa de 13kg aproximadamente. Para el segundo experimento se utilizó un horno con flujo de aire a la entrada y un extractor de aire y una temperatura de 55°C. Luego de analizar las simulaciones realizadas a nivel computacional y el comportamiento de las variables de temperatura y humedad, los autores concluyen que el cacao debía ser agitado dentro del horno para evitar quemaduras por contacto entre los granos y las bandejas metálicas. Recomiendan no remover grandes cantidades de vapor de agua del aire ya que el aire seco deshidrata la superficie de los granos, provocando quemaduras.

2.3.5. Secador solar tipo túnel de policarbonato

Está basado en un diseño tailandés como se muestra en la (figura2. 8), desarrollado para el uso de secado de alimento por industrias a pequeña escala. Consiste en un techo parabólico cubierto con hojas de policarbonato, estructura de acero galvanizado y piso de concreto. Las dimensiones de dicho secador son 8 m de ancho, 20 m de largo y 3.5 m de alto, con una capacidad de carga de 1 000 kg de frutas o vegetales. Las principales modificaciones realizadas al diseño original fueron la integración de ventiladores en el techo para homogeneizar la temperatura interna y acelerar el proceso de secado, activados mediante una celda solar, y el uso de aluminio en su estructura para hacerlo más ligero, durable y portable. (Janjai, 2021)



Figura 2. 8: Secador Tipo túnel de policarbonato

Fuente: (SIAP, 2019)

Las dimensiones del secador solar utilizado son: 1.20 metros de ancho por 2.40 metros de largo y 0.6 metros de altura, con capacidad máxima de secado de 21 kg de cacao en una sola capa. La cubierta de policarbonato unicelular tiene un grosor de 6 mm, cuenta con protección UV y está montada sobre una estructura de aluminio y base de acero galvanizado. Al interior de dicha cubierta, instalados en el techo, se encuentran cuatro ventiladores de 4 pulgadas de 12 V para homogeneizar el calor interno y en la parte posterior se encuentran tres ventiladores de 4 pulgadas de 12 V para la extracción del aire. Los ventiladores funcionan con energía generada por un panel solar tipo SE-156*26-25P-36 de 25 W y 21.7 V con dimensión de 55 x 36 x 2.5 cm, fabricado por Solarever. En la parte frontal se ubican dos entradas de aire de 15 x 5 cm cada una, con ventanas movibles para regular la entrada de aire. (Janjai, 2021)

2.4. Secador de Tambor

Un secador de tambor como se indica en la (Figura 2.9) consiste en uno o más rodillos metálicos calentados, cuya superficie exterior se evapora hasta quedar una delgada capa de líquido. El sólido seco es retirado de los rodillos a medida que éstos giran lentamente. El líquido de alimentación queda confinado en la parte superior de los dos rodillos y limitado por placas estacionarias. El calor es transmitido por conducción hacia el líquido que es parcialmente concentrado en el espacio comprendido entre los rodillos. El líquido concentrado desciende formando una capa viscosa que recubre el resto de la superficie de los tambores. Prácticamente todo el líquido se vaporiza al girar los tambores, dejando una delgada capa de material seco que es retirado mediante cuchillas rascadoras y cae en los transportadores situados debajo. La humedad evaporada se recoge y retira a través de la campana situada encima de los tambores.

Los secadores de doble tambor son eficaces con disoluciones diluidas, disoluciones concentradas de materiales muy solubles, así como con suspensiones de partículas relativamente finas. No son adecuados para

disoluciones de sales de solubilidad baja o para suspensiones de sólidos abrasivos que sedimentan y crean una presión excesiva entre los tambores. (Caballero, 2015)



Figura 2.9: Secador de Tambor
Fuente: (Caballero, 2015)

2.5. Propiedades físicas

El contenido de humedad ($\theta_{mass}, \%$) se determinó por la masa mediante la siguiente fórmula:

$$\theta_{mass} = \frac{m_w}{m_{material}} \times$$

100

Donde= m_w (Kg) es la masa de agua y $m_{material}$ (Kg) la masa de material seco.

Considerando que la humedad en el material se origina, en general, de tres fuentes: agua externa, agua líquida interna y vapor de agua presente en el ambiente, se consideró el uso de la determinación gravimétrica para determinar el contenido de humedad promedio; a partir, del peso de las muestras antes y después del secado (Pel, 2019)

La determinación del contenido de humedad absoluta se calculó estableciendo la diferencia entre muestras húmedas y seca ($\theta_m, kg/kg$).

$$\theta_m = \frac{m_{wet} - m_{dry}}{m_{dry}}$$

Donde: m_{wet} (Kg) es la masa de material húmedo y m_{dry} (Kg) la masa de material seca.

2.5.1. Transferencia de masa y de energía

Todos los procesos de secado tienen como función esencial la eliminación de sustancias volátiles (humedad) a partir de una mezcla para producir un producto sólido. En general, el proceso de secado implica la utilización de técnicas térmicas, consecuentemente la aplicación de calor, comúnmente por convección a partir de una corriente de aire. Durante el secado convertido de sólidos, se producen dos procesos simultáneamente, a saber: la transferencia de energía desde el ambiente circundante; y la transferencia de humedad desde la parte interna del sólido. Por lo tanto, la operación de secado puede ser considerada como un proceso simultáneo de transferencia de calor y de masa. Por otra parte, la velocidad a la que se lleva a cabo el secado depende de magnitud relativa de los dos procesos. Proporciona una representación detallada del fenómeno de transferencia de calor y de masa entre el material a secarse y el entorno que lo rodea. (Escobar, Arestegui, Moreno, & Sanchez, 2019)

2.6. Hornos para secado de cacao

El cacao es un cultivo con una larga tradición en nuestro país. Se considera que su centro primario de origen de acuerdo con los expertos fue Centroamérica, de donde se estima fue dispersado a diferentes regiones de América, muy probablemente a través de los diversos grupos indígenas que poblaron este continente (Aserca, 2020)

Es un cultivo cultural y económicamente importante en Tabasco, por ser un agroecosistema tradicional y ser el primer productor a nivel nacional con 68% de la superficie y 61% de la producción. El secado del cacao en la región de la Chontalpa, Tabasco, México realizado por los campesinos se lleva a cabo principalmente mediante secado solar al aire libre, en patios de concreto; en algunos casos se utilizan secadores contruidos con madera. (SIAP, 2019)

Con este tipo de secado puede haber contaminación con polvo, hongos y animales que afectan la inocuidad del grano seco). Las beneficiadoras de la región emplean gas como insumo para el secado artificial, lo cual incrementa el costo y la huella ecológica de producto obtenido. Durante la temporada seca (marzo- mayo) el proceso de secado requiere hasta 3.5 días y en temporada de lluvias o nortes (noviembre- febrero), pocos productores la llevan a cabo. La norma NMX- F-352-S-1980, establece que el contenido de humedad máximo debe ser de 7.5% wb, lo cual permite conservar la inocuidad del grano durante el almacenamiento y disminuye el riesgo de aparición de hongos. El proceso de secado consiste en reducir el contenido de humedad del producto para reducir su deterioro en un periodo de tiempo denominado como “periodo seguro de almacenamiento” (Ekechukwu & Norton, 2019)

La disminución de humedad en los productos agrícolas se lleva a cabo a través de la evaporación que conlleva la transferencia de masa. La disminución de la humedad en un producto se puede lograr en forma natural o por convección forzada. La forma natural es cuando el aire caliente circula de forma natural; a través, del producto debido a la diferencia de temperaturas y en la convección forzada, el aire caliente se hace circular mediante un soplador o ventilador. (Ekechukwu & Norton, 2019)

“El uso de la energía solar en los países cercanos al Ecuador tiene un gran potencial, sin embargo, el desarrollo de tecnologías con base a dicha energía se encuentra aún limitado” (Eggers, 2021). La obtención de energía eléctrica mediante el uso de celdas solares se ha popularizado como una alternativa sustentable. Existen diferentes tipos de secadores que aprovechan la radiación solar, que han sido diseñados o adaptados a las condiciones del trópico y que aprovechan los materiales de la región para disminuir costos. La radiación solar puede ser empleada de forma más efectiva para el secado de productos mediante el control de los parámetros de temperatura del aire, humedad, razón de secado, contenido de humedad y razón de flujo de aire (Garg, 2019)

2.7. Horno de cacao actualmente utilizado a base de combustibles

En los centros de acopio utilizan el horno tipo Samoa que tiene una cámara central de ladrillos de barro, donde está ubicada la cámara de fuego y sobre ella hay espacio para colocar las bandejas de madera. Adentro de la cámara el calor circula hacia la cabecera donde sube por una ancha chimenea. El secado en el horno debe ser bien manejado, Para una buena calidad del cacao el secado debe ser lento, por lo menos que dure los 7 días. Si el cacao se seca muy rápido el grano adquiere un sabor muy ácido y es un grano de mala calidad. (Relief, Lutheran World, 2020)

Para saber si el grano está seco se realiza las con pruebas manuales de puñados. Se frotran un puñado de granos dejándolo caer, si está seco los granos truenan o suenan crujientes. A la vista el grano seco se ve de color café cenizo. Si el tiempo es muy húmedo se puede finalizar el secado en el horno dando 2 a 3 horas volteando cada 15 minutos para que los granos queden uniformes. Para almacenamiento y entrega a los exportadores el grano de cacao de estar seco, quiere decir deben tener el grado de humedad que no pase de 6 por ciento. No se deben usar patios de cemento ni áreas pavimentadas para secar cacao, pues el grano se contamina con hongo. Las características del grano de cacao que ha sido fermentado y beneficiado de manera correcta. (Relief, Lutheran World, 2020)

2.8. Energía Solar

“La energía solar es una energía renovable obtenida a partir de la radiación electromagnética del sol. Se trata de una energía renovable porque se obtiene de una fuente natural e inagotable, en este caso el sol”. (FactorEnergía, 2021)

Dependiendo del origen y procesamiento de la energía solar, puede dividirse en diferentes tipos:

- **Energía solar térmica:** la energía solar térmica aprovecha la energía del sol para producir calor, que posteriormente se usa como fuente de energía

tanto a nivel doméstico como a nivel industrial, transformándola en energía mecánica y a partir de ella en electricidad.

- **Energía solar fotovoltaica:** al contrario que la solar térmica, la energía solar fotovoltaica consiste en obtener directamente la electricidad a partir de la radiación solar. Esto se consigue gracias a la instalación de paneles solares fotovoltaicos, que cuentan con células de silicio que transforman la luz y calor del sol en electricidad. Igual que en el caso de la solar térmica, estos paneles o placas solares pueden instalarse tanto a nivel doméstico en edificios y casas, como en grandes instalaciones las conocidas como plantas fotovoltaicas.

2.8.1. Placas Fotovoltaicas

Las placas fotovoltaicas no producen calor, por lo que esta energía no se puede almacenar; sin embargo, los excedentes de esta energía fotovoltaica pueden verse a la red de consumo, lo que se conoce como “excedente fotovoltaico”. Gracias a las placas fotovoltaicas se ha democratizado enormemente el autoconsumo de energía, es decir, que cada hogar pueda producir su propia electricidad para el consumo propio. (FactorEnergía, 2021)

2.8.2. Sistema solar térmico

Un sistema solar térmico recibe la radiación solar y es el encargado de transformar la energía solar a calor como se indica en la Figura 2.10, esta energía es utilizada para calefacción “calentamiento de aire”, agua caliente sanitaria (ACS), climatizar piscinas y varias aplicaciones donde se necesita al fluido elevar su temperatura [20]. La energía térmica o eléctrica es aprovechada por la radiación solar y tiene un impacto negativo mucho menor en referencia a otras tecnologías energéticas, al utilizar estas energías se reemplaza en muchos casos a los combustibles fósiles y es de gran ayuda a la reducción de emisiones del CO₂. (Tobajas, 2021)

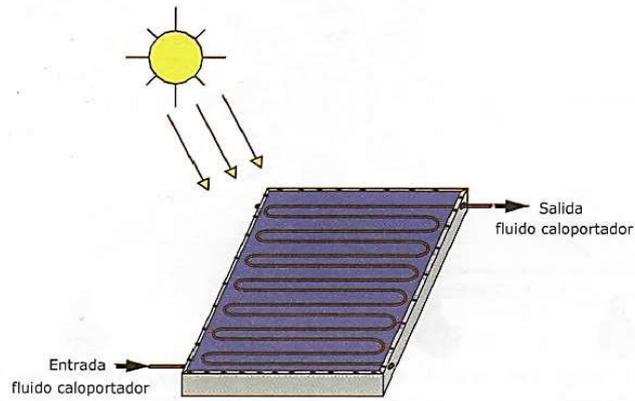


Figura 2.10 : Sistema solar térmico
Fuente: (Tobajas, 2021)

2.9. Herramientas de diseño gráfico

Es un conjunto de herramientas informáticas que tienen por objetivo ayudar al técnico en la realización física de los planos de un proyecto o prototipo. Para la utilización óptima de estos sistemas es necesario tener conocimientos básicos de dibujo y diseño y además poseer conocimientos básicos de informática. (Díaz, 2021). Además, es un sistema de dibujo asistido, que sustituye al tablero de delineación, suele estar integrado en un sistema de diseño asistido, que da un paso más incorporando herramientas de ayuda en el proceso de diseño, para realizar cálculos, simulaciones, etc. (Díaz, 2021)

Hay que destacar la importancia que tienen actualmente los programas CAD (*Computer Aided Design*) en la mejora de la productividad de las empresas. Las herramientas CAD han supuesto una verdadera revolución en la forma de trabajar y diseñar para los ingenieros, arquitectos, creadores y diseñadores en general. Son herramientas en continua evolución y mejora. Por tal razón existen una serie de nuevos campos en el diseño. Ya no se trata solo de diseñar un objeto, sino de fabricarlo con ayuda de herramientas CAM (Siglas de *Computer Aided Manufacturing*, Fabricación Asistida por Ordenador), que consiste en el uso de ordenadores y programas para controlar los procesos de fabricación y el ajuste de maquinaria.

2.10. Historia CAD

El primer CAD data de los años 50 para las Fuerzas Aéreas de USA. En los 60, los sistemas CAD se utilizaron para diseñar espacios interiores de oficinas. En 1968 estaban ya disponibles los sistemas CAD 2D (muy básico, tal y como se entiende hoy en día). Estos sistemas funcionaban en terminales de grandes ordenadores. A principios de la década de los 70 varias compañías empezaron a ofrecer sistemas de diseño/dibujo automatizado. Muchos de los productos y firmas más conocidas en la actualidad tuvieron sus inicios en este periodo. Algunos de estos nombres incluyen CATIA y CADLink. La tendencia actual en la industria es suprimir la realización de los planos en 2D y pasar directamente del modelo tridimensional a la fabricación del producto, sería innecesario enseñar a nuestros alumnos la laboriosa tarea de dibujar planos de vistas 2D del objeto, que se puede dejar a cargo de las máquinas. (Díaz, 2021)

2.11. Tipos de herramientas CAD

2.11.1. Software para simulación

Recrean las condiciones a las cuales va a estar sometida una determinada pieza a fin de evaluar su resistencia, entre otros factores. Estos programas utilizan algoritmos de cálculo complejos, para evaluar las propiedades de los modelos diseñados antes de proceder a su fabricación. Se utilizan en cálculo de estructuras, equipos, tuberías, maquinaria, etc. Entre ellos puede mencionar Ansys, Pro/Enginner, Catia, Inventor, Unigraphics, etc. La tendencia actual que está experimentando la industria es hacia la integración de los cuatro tipos de software. (Bonilla, 2019)

El CAD permite, a la vez, ver en la pantalla las plantas cortes o vistas necesarios del modelo que se está construyendo y también posibilita modificar en cualquier momento las características del mismo. Los cambios al modelo son reflejados instantáneamente en las distintas formas de representación. Dispone de un gran número de herramientas que facilitan el dibujo, como comandos de dibujos genéricos: líneas, círculo, arco, polilínea, multilínea,

arandela, tipos de polígonos, rectángulo, elipse, arcos elípticos, sólidos, introducción de líneas de construcción, filtros, etc. Muchos programas CAD permiten la creación de menús personalizados y programas de aplicación adaptados a necesidades particulares, lo que facilita el uso y la interacción del usuario con el programa. (Bonilla, 2019).

No todas las herramientas CAD son válidas para fines educativos, generalmente cuando son especializadas y complejas, no se ajustan a fines didáctico. Mientras que las aplicaciones 2D, sólo manipulan elementos geométricos planos, las aplicaciones 3D, también pueden manipular elementos tridimensionales, es decir, manipulan tres coordenadas frente a las dos coordenadas bidimensionales. En las aplicaciones 3D se trabaja directamente con el modelo geométrico tridimensional. El usuario manipula una escena tridimensional, y no tiene que realizar el proceso de proyección para visualizar la escena. Es decir, mientras que con aplicaciones 2D se puede hacer delineación asistida, en aplicaciones 3D se pueden construir modelos geométricos virtuales. Algunas herramientas de diseño CAD 3D permiten el movimiento de las piezas de conjunto y la simulación de su comportamiento antes de fabricarlo. (Díaz, 2021)

Para el desarrollo de didácticas con base en las competencias básicas, hay que tener en cuenta una serie de procesos cognitivos que intervienen en las ocho competencias clave: el pensamiento crítico, la creatividad, la capacidad de iniciativa, la resolución de problemas, la evaluación del riesgo, la toma de decisiones y la gestión constructiva de los sentimientos. El Pensamiento Gráfico (PG) es un concepto creado para designar el pensamiento asistido por el dibujo (Laseu, 1989). Es utilizado habitualmente para describir el razonamiento que tiene lugar dentro de un proceso de diseño. El éxito del PG en el proceso de diseño radica precisamente en el constante flujo de información que se da entre la mente del diseñador y la imagen dibujada, método especialmente estimulante para el desarrollo de las ideas. (Bonilla, 2019)

2.12. FreeCAD

Aprendimos que el camino de buscar software libre de reemplazo directo y equivalente a los programas privativos tradicionales no es el correcto. Por ejemplo: no hay un programa igual a AutoCAD que sea libre y gratuito. El camino que nosotros descubrimos fue el de la interacción entre distintos programas libres. Así pudimos resolver problemas de diseño que resuelven programas complejos como AutoCAD, con la ventaja de utilizar, cuando es posible, software de código abierto, gratuito y legal. Con respecto a FreeCAD, nos tomamos un tiempo de investigación y aprendizaje propio del software antes de hacer una experiencia en el aula con los estudiantes. No hay cursos sobre este tipo de programas aún en nuestro ámbito de desempeño. (Morelli & Nieva, 2018)

FreeCAD es software que se basa en el modelado paramétrico 3D, es un programa muy potente a la hora de modelar sólidos, pues gracias a que se puede modificar fácilmente los parámetros de las operaciones de los elementos facilita el diseño y modelado de cualquier sólido. Una imagen con la interfaz de FreeCAD se muestra en la figura 2.11. (López, 2020)

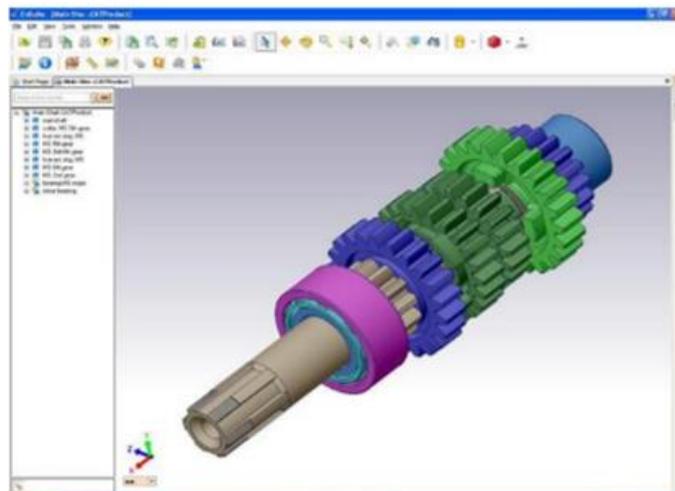


Figura 2.11: Captura de Pantalla FreeCAD

Fuente: (López, 2020)

La revisión de las alternativas de software libre para el diseño CAD y CAM muestra que existen varios softwares dedicados en estas áreas, lo cual

es un fundamento importante para este proyecto, pues prueba la factibilidad de utilizar programas libres que permitan desarrollar trabajos técnicos como planos, modelado de sólidos y la programación de operaciones de mecanizado. (López, 2020)

2.13. SelfCAD

Aunque aparentemente cuenta con una interfaz muy simple y parece tan sencillo como TinkerCAD, SelfCAD es capaz de preparar modelos 3D para imprimir, incluso proporcionando una herramienta para cortar y conectar el G-Code al ordenador. Además, a través de un menú desplegable es posible acceder con facilidad a muchos de los servidores de impresoras 3D RepRap puesto que se encuentran predefinidos. Si no se encontraran las especificaciones que se necesitaran, existe la posibilidad de incluirlas de forma manual. Se basa en una aplicación de modelado que permite crear objetos de impresión 3D con un diseño complejo y posibilita cargar una imagen 2D que sirve de plantilla desde navegadores web. (SelfCAD, 2020)

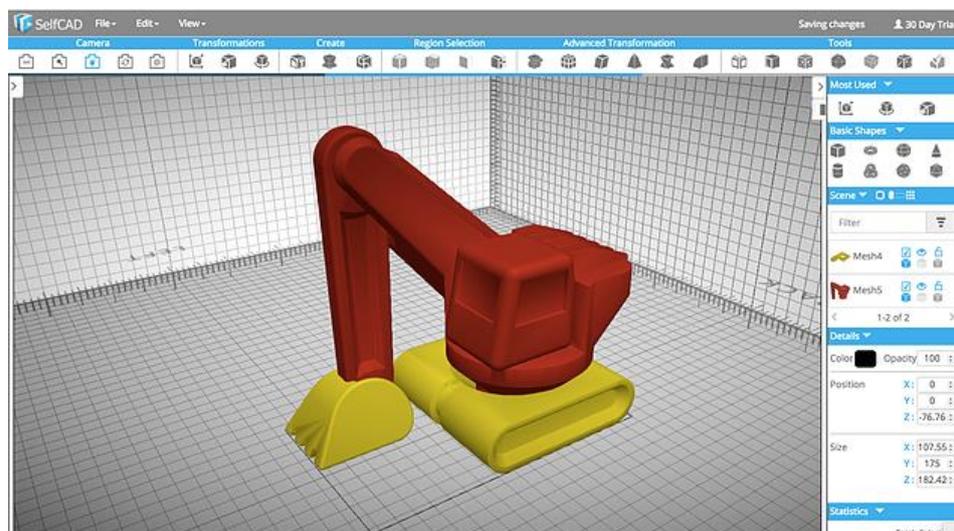


Figura 2.12: Captura de Pantalla SelfCAD

Fuente: (SelfCAD, 2020)

SelfCAD generalmente en tres categorías principales. Hay la categoría de nivel superior, que es un segmento pequeño del mercado, que es para ingenieros y arquitectos. Están más preocupados por los diseños

matemáticamente correctos y la física detrás de ellos. Los softwares que usan generalmente son caros y demandan mucho tiempo e inversión para aprender y entender. El segundo mercado, que es probablemente el más grande, se centra en la animación, renderización y efectos especiales. Al igual que el primero, este nivel es para los profesionales que lo hacen para ganarse la vida, pero el diseño para más de un día a día el diseño. Si mira TV o video, cualquier producción, que se está haciendo profesionalmente, todos están diseñando en software 3D. (Contreras, 2017)

2.14. AutoCAD

En este proyecto vamos a considerar el software de AutoCAD para el diseño que se va a llevar a cabo en el diseño de la estructura del horno de cacao con sus respectivas medidas, para ellos vamos a explicar el funcionamiento de dicha herramienta, El software de diseño AutoCAD permite la creación y edición profesional de geometría 2D y modelos 3D con sólidos, superficies y objetos. Es uno de los softwares más reconocidos internacionalmente debido a la gran variedad de posibilidades de edición que se pueden encontrar. Por esta razón es un programa muy utilizado por arquitectos, ingenieros y diseñadores industriales, entre otros. En la actualidad, el software es desarrollado y comercializado por la compañía Autodesk, líder en diseño 3D, ingeniería y software de entretenimiento. Fundada en 1982, la multinacional Autodesk se dedica a la distribución de softwares para las industrias de manufacturas, construcción y medios, entre otros. (3Dnatives, 2020)

El programa apareció el mismo año que surgió Autodesk, con una versión inicial que únicamente contaba con un plano editable y una serie de características limitadas. A pesar de su sencillez, en su momento fue una auténtica revolución que tenía la intención de sustituir el dibujo tradicional a mano por uno digital. El nombre de AutoCAD hace referencia a la empresa (Autodesk) y CAD al diseño asistido por computadora, de las siglas en inglés Computer Aided Design. En su inicio no se pensó como un software de

diseño 3D, sino que únicamente se dedicaba al modelado en dos dimensiones. Tras el desarrollo de las funciones 3D, veamos cuáles son las características de AutoCAD. (3Dnatives, 2020)

2.14.1. Usos y funcionalidades de AutoCAD

A continuación, se describen las funcionalidades que proporciona AutoCAD y sea uno de los programas favoritos de diseñadores, arquitectos e ingenieros.

- ✓ Funcionalidades de texto, columnas y contornos.
- ✓ Acceso a comandos y menús contextuales, lo que permite tener un ritmo de trabajo más ágil y fluido.
- ✓ Rápida recuperación de vistas al permitir guardarlas por nombre.
- ✓ Extracción de vistas de un sólido tridimensional rápida.
- ✓ Proyección real de vistas creadas anteriormente.
- ✓ Para ingenieros, la orden propfis permite devolver las propiedades físicas de sólidos 3D y regiones.
- ✓ Transparencia de objetos particulares o de capas contenedoras.
- ✓ Filtrar objetos según características y propiedades.
- ✓ Posibilidad de recuperar proyectos y archivos en múltiples dispositivos gracias a AutoCAD 360. (ESNECA, 2020)

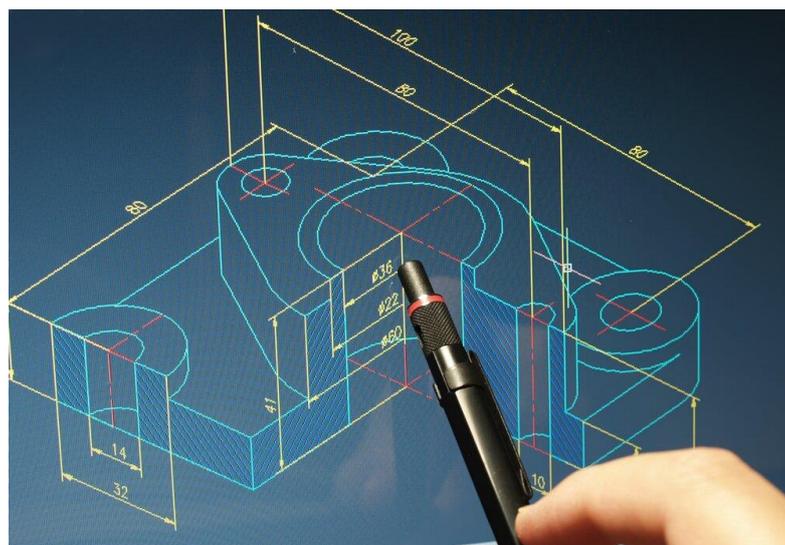


Figura2. 13: Dibujo AutoCAD

Fuente: (Castro, 2019)

2.15. Energía Solar

Constituye la principal fuente de vida en la Tierra, dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en el planeta, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. La energía del Sol es la que induce el movimiento del viento y del agua, y el crecimiento de las plantas, por ello la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables: eólica, hidroeléctrica, biomasa, de las olas y corrientes marinas, además de la propia solar. (Marin, 2019)

Aunque existen variaciones en la distancia entre el Sol y la Tierra, según la época del año, la cantidad de energía que llega a las capas exteriores de la atmósfera es del orden de 1.400 vatios (W)/m², pero queda reducida aproximadamente a 1.000 W//m² una vez que atraviesa la atmósfera y llega al suelo si el día es despejado, la media a lo largo del año es de 340 W/m² La energía que llega a la Tierra es una infinitésima parte de la enorme cantidad de energía de la radiación solar emitida por el Sol, pero la energía que recibimos ha sido suficiente para proporcionar y seguir permitiendo las condiciones físicas que reinan en nuestro planeta desde su formación, incluidas las conocidas como la vida y sería suficiente para satisfacer todas nuestras necesidades energéticas si supiéramos aprovechar una pequeña parte de ella. (Marin, 2019)

La obtención directa de electricidad a partir de la luz se conoce con el nombre de efecto fotovoltaico. La existencia de este fenómeno fue puesta de manifiesto por el físico Antoine Becquerel, en el año 1839. Para conseguirlo, se requiere un material que absorba la luz del Sol y sea capaz de transformar la energía radiante absorbida en energía eléctrica, justo lo que son capaces de hacer las células fotovoltaicas. (Puig & Jofra, 2019)

La primera célula fotovoltaica de silicio fue descrita por R. S. Olh en el año 1941. Pero los primeros dispositivos fotovoltaicos no se empezaron a fabricar hasta la década posterior. Fueron otras investigaciones las que

hicieron posible que se abandonara el selenio y se empezara a utilizar el silicio como material básico para las células. En los Bell Laboratories, a comienzos de los años 50, Calvin Fuller y Gerald Pearson trabajaban en la materialización de la teoría del transistor construido a base de silicio. A la vez que ellos estaban inmersos en mejorar los transistores, otro científico de Bell, Darryl Chapin, empezó en febrero de 1953 a investigar primero con selenio y luego con silicio, con el que logró eficiencias del 2,3%. Los cálculos teóricos de Chapin concluían que las células de silicio podían llegar a tener una eficiencia del 23%, aunque en la práctica Chapin llegó a desarrollar una célula con un 6% de eficiencia. (Puig & Jofra, 2019)

2.16. Aprovechamiento pasivo del recurso solar

El recurso solar se caracteriza por la forma en la que distribuye la energía solar captada y almacenada, ya que lo hace de forma natural, sin necesidad de otros elementos, entre las aplicaciones de estos sistemas pasivos están la calefacción y refrigeración. Su aprovechamiento se da con la utilización de elementos arquitectónicos, enmarcadas en la arquitectura bioclimática, en la cual se logra observar la edificación para el aprovechamiento de los recursos, como el sol, viento, con la utilización de estos elementos se minimiza el consumo energético y con ello se reduce el impacto ambiental. (Jacho, 2020)

2.17. Conversión Fotovoltaica

La misma se da por el aprovechamiento de la energía solar al convertirla en energía eléctrica, que se basa en el efecto fotovoltaico, que aprovecha la energía solar por medio de celdas fotoeléctricas, la cual no pasa por un efecto térmico. (Jacho, 2020)

2.18. Tipos de Paneles

Están formados por agrupaciones de celdas fotovoltaicas. Estas celdas (de diferentes tecnologías según el tipo de panel) se conectan en serie para

conseguir una tensión de salida de un valor deseado (12V, 36V, etc.) y a su vez conectadas en varias ramas en paralelo para aumentar la corriente. (Intervento, 2021)

Sin entrar en detalle de cómo se produce la electricidad en un panel (efecto fotovoltaico), actualmente en el mercado solar, encontramos paneles de diferentes tecnologías. Como muchos saben, el silicio sigue siendo el elemento fotosensible predominante en la tecnología actual de paneles, gracias a su capacidad de producir mayor electricidad que otros componentes. No obstante, actualmente se están empleando nuevas tecnologías en la producción de las celdas fotovoltaicas para aumentar la eficiencia y reducir el costo, a continuación, se detalla los diferentes tipos. (Intervento, 2021)

2.18.1. Paneles Monocristalinos

A nivel físico, reconocerás estos paneles porque presentan un color de un azul más oscuro e incluso negro o gris oscuro uniforme. Si te fijas en sus láminas, verás que estas presentan bordes redondeados. El principal componente de estos paneles es el silicio monocristalino. En este tipo de paneles, el silicio monocristalino se genera en bloque y se corta en láminas finas, que luego pasarán a ser la célula fotovoltaica del panel solar. Durante su fabricación, se les da tiempo para enfriar a las células monocristalinas, de forma lenta y sin apurar el proceso. Gracias a la alta pureza de sus cristales, este tipo de paneles presentan un mayor rendimiento, en comparación con los paneles policristalinos, así como un precio más elevado. (Damiasolar, 2019)

El panel solar monocristalino figura (8) cuenta con unas excelentes características técnicas para climas que habitualmente tienen nubes, tormentas y con temperaturas máximas no muy altas, esto es debido a que la sensibilidad del panel solar monocristalino consigue la máxima radiación solar en bajas temperaturas y no resiste demasiado bien el sobrecalentamiento. (Autosolar, 2019)



Figura2. 14: Panel solar monocristalino

Fuente: (Autosolar, 2019)

2.18.2. Paneles Policristalinos

Este tipo de material es muy importante para la fabricación de células fotovoltaicas y la energía solar en general, el silicio policristalino también se utiliza en aplicaciones particulares, como los paneles fotovoltaicos. Existen principalmente dos tipos de placas fotovoltaicas que pueden ser de silicio monocristalino o policristalino. (Oriol, 2020)

Las células de silicio policristalino también utilizan obleas de silicio como base, pero a diferencia de las monocristalinas, éstas proceden del corte de un bloque de silicio que se ha dejado solidificar lentamente en un crisol y que está formado por muchos pequeños cristales de silicio y presenta una mayor heterogeneidad. Este tipo de fabricación es más económica que la del silicio monocristalino, pero reduce ligeramente la eficiencia de las células, para poder diferenciarlo por su color “azulado heterogéneo” como lo indica la figura 2.15 y no poseen el chaflán en las esquinas como los monocristalinos. (ArteSolar, 2020)

Los paneles solares policristalinos cumplen ciertas características que los convierten en una excelente opción para escoger el sistema solar fotovoltaico indicado para el incremento de rendimiento de producción de energía eléctrica, Este tipo de paneles solares son comparados con los

monocristalinos, sin embargo la diferencia reside en que proyectan mayor energía, que al mismo tiempo la absorbe de manera más veloz y por último cumplen una mayor tolerancia en cuanto al sombreado de factores externos. (SOLARAMA, 2019)



Figura 2. 15: Paneles solares policristalinos

Fuente: (ArteSolar, 2020)

2.19. Tipos de baterías

Este se adapta los diferentes ritmos de producción y demanda, almacenando energía en los momentos en que la producción es superior a la demanda, y entregándola en el caso contrario. En la mayoría de los sistemas está constituido por un acumulador electroquímico, o batería, de plomo ácido. Con menor frecuencia se utilizan baterías de níquel-cadmio. Algunas veces, en lugar de almacenar energía, se recurre a almacenar directamente el producto final del sistema, como puede ser el agua en los sistemas de bombeo. (Sales, Salvador, & Orts, 2011)

La naturaleza variable de la radiación solar, y por lo tanto de la energía eléctrica generada, hace que en los sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica sean necesarios sistemas de almacenamiento de energía que permitan disponer de la misma en periodos en los que no es posible la generación. En los sistemas fotovoltaicos, dicho papel lo realiza la batería. Las propiedades de la batería que se elija para un sistema fotovoltaico influyen de gran manera en el diseño de algunos elementos de la instalación, por lo que hay que prestar una atención especial a las características más convenientes

para las condiciones del sistema a alimentar, tales como los tipos de cargas para las que se destina, la potencia total y los ciclos de consumo previstos, entre otros. A continuación, en la figura 16 se muestran los diferentes tipos de batería de acuerdo con las necesidades de nuestra instalación. (Arenas Sánchez & Zapata Castaño, 2011)



Figura 2.16: Tipos de Baterías

Fuente: (Arenas Sánchez & Zapata Castaño, 2011)

2.19.1. Baterías de plomo - ácido

Son utilizadas en los vehículos, también denominada baterías tipo SLI (starting, lighting, ignition). Su componente principal es el plomo, se utiliza como electrolito el ácido sulfúrico, su funcionamiento se basa en reacciones químicas de oxidación y reducción que ocurren en los electrodos de la batería cuando reciben electricidad y que se invierten cuando ceden electricidad. El electrolito, ácido sulfúrico, puede ser líquido o gel. (Acevedo Garces, 2016)

2.19.2. Cálculo de la capacidad del banco de baterías necesario en A-H.

Se calcula la capacidad del banco de baterías de la siguiente forma:

$$CA - H bat = total A - H/día \times N/0,9 \times PDD$$

Dónde: N: Número de días de autonomía del sistema elegido.

0,9: Factor de rendimiento de las baterías en el ciclo de carga–descarga (90 %).

P.D.D: Profundidad de descarga diaria permitida al banco de baterías electroquímicas. En general, para baterías del tipo estacionaria de plomo ácido con bajo contenido de antimonio (Sb) en la placa positiva se recomienda

una profundidad de 70% (0,7), para placa de Plomo Calcio (Ca) se recomienda una profundidad de descarga diaria de 50% (0,5). Sí se utiliza una batería de Plomo ácido del tipo de arranque automotriz se recomienda 30% de profundidad (0,3). Para todas ellas la densidad del electrólito recomendada es de 1,2115 (+/-15 %) g/ml en función de nuestro clima tropical. (Arenas Sánchez & Zapata Castaño, 2011)

2.19.3. Inversor de voltaje DC - AC

En un sistema fotovoltaico, es un equipo que transforma la corriente directa (DC), recibida de los paneles o almacenada en las baterías, en corriente alterna (AC) de tal forma que pueda ser aprovechada por los equipos eléctricos allí instalados (iluminación, electrodomésticos, equipos industriales, etc.). (Acevedo Garces, 2016)

2.20. Controladores de carga

El controlador o regulador de carga, sirve para regular el paso de la electricidad desde de los paneles fotovoltaicos a los puntos de consumo tanto de carga como a la batería, garantizando una vida útil mayor para la misma teniendo en consideración que en los sistemas fotovoltaicos las baterías están sometidas a variaciones de carga y descarga debido al consumo que a diario presenta el sistema. En cuanto a la parte de regulación de carga, existen los llamados “reguladores de Carga” que cumplen una única función que es la de regular o fijar un voltaje tanto a la entrada de la batería como para el consumo. Sin embargo, lo que se propone este proyecto va más allá de eso, ya que se hará un control completo de cada parámetro que interviene después de la generación fotovoltaica, y así cumplir con parámetros de eficiencia energética. (Yáñez & Portilla, 2018)

De acuerdo con el esquema de la Figura 2.17. Se observa que, la regulación está dada a la salida de los paneles FV y de ahí es distribuida hacia los demás componentes del sistema tanto como las baterías o acumuladores,

como para el inversor DC/AC y la carga en corriente continua, el controlador o regulador de carga, sirve para regular el paso de la electricidad desde de los paneles fotovoltaicos a los puntos de consumo tanto de carga como a la batería, garantizando una vida útil mayor teniendo en consideración que en los sistemas fotovoltaicos las baterías están sometidas a variaciones de carga y descarga debido al consumo que a diario presenta el sistema.

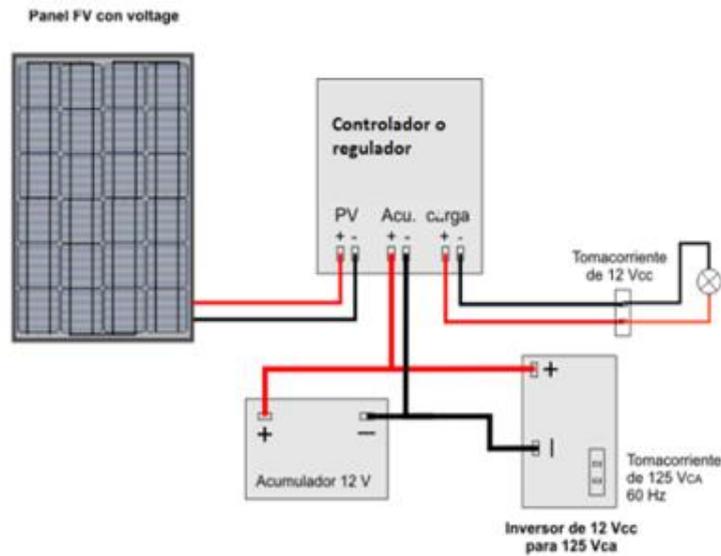


Figura 2.17: Sistema Fotovoltaico

Fuente: (Yáñez & Portilla, 2018)

La tabla 1 describe las necesidades de un sistema para el cual se diseñará un prototipo de acuerdo con las cargas que serán conectadas en el mismo.

Tabla 1 Indicación de factores a intervenir en el proceso de generación.

Descripción de la carga	Número de Cargas	Intensidad (A)	Tensión (V)	Potencia (W)	Ciclo diario (días horas)	Requerimiento de Conversión	Tensión nominal del Sistema (V)	Consumo a (Ah/día)
Cellulares	6	0,4	20	7	1	0,73	2	0,1
Laptop	2	1	20	20	1	0,73	2	2
		Potencia Total (W)		47	1	Consumo Total (Ah/día)		3,4
								04,5

Fuente: (Yáñez & Portilla, 2018)

El controlador de carga solar como se indica en la figura 2. 18 permite verificar el voltaje, la carga y la batería, por ejemplo, en el caso de conservar el cargador, se adquiere un nuevo artefacto, en el cual se encuentra empaquetado un nuevo cargador, a pesar de disponer de uno útil y compatible. Por el contrario, al no poseer un celular compatible con el cargador, este se vuelve obsoleto, a pesar de conservar su vida útil. (Perez, 2020)



Figura 2.18: Controlador Solar

Fuente: (Perez, 2020)

2.21. Cálculo para un sistema solar

2.21.1. El consumo energético

Este es uno de los factores críticos para determinar la cantidad de placas solares necesarias en una instalación fotovoltaica, El consumo anual y la utilización mensual permite obtener el consumo distribuido por meses. Un día sin consumo no permite aprovechar la energía de un autoconsumo directo sin baterías. (Atersa, 2021)

El mejor rendimiento de la instalación se obtiene cuando los consumos se producen durante las horas de generación FV. Así, una depuradora de piscina programada para funcionar durante la noche no podría aprovechar la energía de un autoconsumo sin baterías. En cambio, funcionando en las horas centrales del día, lo aprovecharía casi al 100%. (Atersa, 2021)

Según (Kiehnle, 2021) Cada panel solar mide aproximadamente 1x2m y pesa 23kg. Hay que tomar en cuenta estos factores a la hora de instalar un

sistema solar en un techo, además del peso y dimensiones de la estructura y todos los demás componentes del sistema, tomando en el factor anterior, queda claro ¿por qué te solicitamos tu recibo de luz para comenzar a trabajar tu propuesta? Tu recibo de luz o la carga instalada.

2.22. Sistemas embebidos

Un sistema embebido (también conocido como “empotrado”, “incrustado” o “integrado”) es un sistema de computación diseñado para realizar funciones específicas, y cuyos componentes se encuentran integrados en una placa base (en inglés. “motherboard”). El procesamiento central del sistema se lleva a cabo gracias a un microcontrolador, es decir, un microprocesador que incluye además interfaces de entrada/salida, así como una memoria de tamaño reducido en el mismo chip.

Estos sistemas pueden ser programados directamente en el lenguaje ensamblador del microcontrolador o microprocesador o utilizando otros lenguajes como C o C++ mediante compiladores específicos. Son diseñados generalmente para su utilización en tareas que impliquen una computación en tiempo real, pero también destacan otros casos como son Arduino y Raspberry Pi, cuyo fin está más orientado al diseño y desarrollo de aplicaciones y prototipos con sistemas embebidos desde entornos gráficos. (Luchetti, 2021)

Un sistema embebido tiene tres componentes principales:

- ✓ Hardware.
- ✓ Un software primario o aplicación principal. Este software o aplicación lleva a cabo una tarea en particular, o en algunas ocasiones una serie de tareas.
- ✓ Un sistema operativo que permite supervisar la(s) aplicación(es), además de proveer los mecanismos para la ejecución de procesos. En muchos sistemas embebidos es requerido que el sistema operativo posea características de tiempo real. (Arevalo, 2019)

2.22.1. Principios de diseño de un sistema embebido

El diseñador, debe construir una implementación que satisfaga la necesidad deseada, pero una dificultad adicional es construir una implementación que simultáneamente optimice diversas métricas de diseño. Una implementación consiste en un microprocesador con un programa que lo acompañe, una conexión de compuertas digitales, o una combinación de ambos. Una métrica de diseño es una característica medible de la implementación del sistema. Métricas comunes incluyen.

2.22.2. Aplicaciones de un sistema embebido

Los sistemas embebidos se encuentran en una variedad de dispositivos electrónicos comunes, tales como consumibles electrónicos (teléfonos celulares, pagers, cámaras digitales, video juegos portátiles, calculadoras, PDAs, etc.), electrodomésticos (hornos microondas, máquinas contestadoras, termostatos, lavadoras, etc.), equipos de oficina (fax, copadoras, impresoras, (scanners), equipos de negocios (caja registradora, sistemas de alarma, lectores de tarjeta y cajeros automáticos), y automóviles (control de transmisión, control de viaje, inyección de combustible, ABS, etc.). Podría decirse que prácticamente cualquier dispositivo que se ejecute con electricidad o ya tiene un sistema computacional embebido o próximamente lo tendrá.

2.23. ¿Qué es un Microcontrolador o MCU?

Se entiende a un microcontrolador como un computador dedicado. Cuando decimos que son computadores dedicados, nos referimos a la capacidad limitada que suelen tener. Son pequeños, con velocidad relativamente baja y un diseño sencillo y ligero. En nuestro computador de casa tiene el procesador, por un lado, la RAM por otro, etc. En cambio, un microcontrolador es un único chip en el que se junta un procesador, una memoria RAM, una memoria ROM y otra serie de componentes que serán útiles al programador como conversores ADC y DAC o entrada/salida en diferentes formatos. Es por ello, que no están pensados para mantener una

infraestructura de software titánica. La gran mayoría de veces los microcontroladores se programan directamente, prescindiendo de un sistema operativo integrado. (Luchetti, 2021)

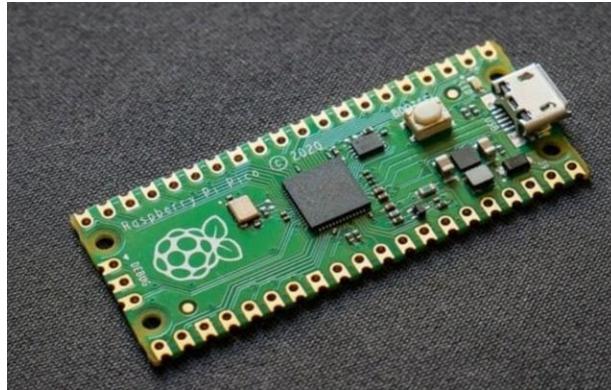


Figura 2.19: Microcontrolador
Fuente: (Luchetti, 2021)

2.24. Development kit

Un kit de desarrollo es un elemento hardware que facilita las pruebas y la programación de otro componente hardware, ya sea un microcontrolador, un microprocesador, una FPGA, u otros. Normalmente son placas con el componente en cuestión que se quiere utilizar junto con varios elementos extra que facilitan la programación y el prototipado. Su principal utilidad es servir como escenario de prácticas y aprendizaje a los ingenieros que más tarde tendrán que trabajar con el microcontrolador o microprocesador de una forma parecida. Ejemplos de dev boards son Arduino (basados en microcontrolador), Raspberry Pi (basado en microprocesador), o las placas de desarrollo de FPGAs. (Luchetti, 2021)

2.25. Arduino

Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Esta plataforma permite crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede darles diferentes tipos de uso. (Fernandez, 2021)

2.25.1. Cómo funciona Arduino

El Arduino (figura13). Es una placa basada en un microcontrolador ATMELE. Los microcontroladores son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones, las cuales las escribes con el lenguaje de programación que puedes utilizar en el entorno Arduino IDE. Estas instrucciones permiten crear programas que interactúan con los circuitos de la placa. (Fernandez, 2021)

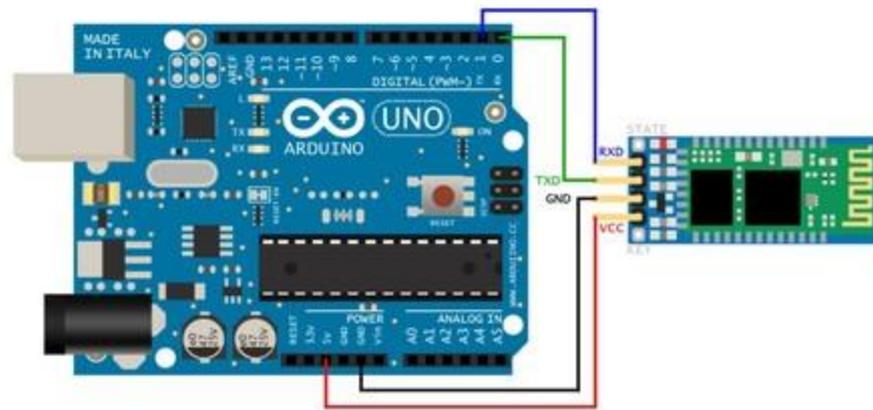


Figura 2. 20: Arduino
Fuente: (Fernandez, 2021)

2.25.2. Pines digitales de entrada y salida

En estos pines se conecta la patilla de dato del sensor/actuador. Desde ellos se puede leer la información del sensor o activar el actuador. Hay 14 pines digitales que pueden utilizarse como entrada o salida con las funciones `pinMode()`, `digitalWrite()`, y `digitalRead()`. Operan a 5 voltios. Cada pin proporciona o recibe como máximo 40mA y disponen de una resistencia pull-up (desconectada por defecto) de 20-50 kOhmios. Ciertos pines son reservados para determinados usos. (Sánchez, 2020)

A continuación, se muestra en la Figura 2.21 donde están ubicados los elementos más importantes que componen la placa Arduino Uno que son descritos de arriba abajo y de izquierda a derecha:

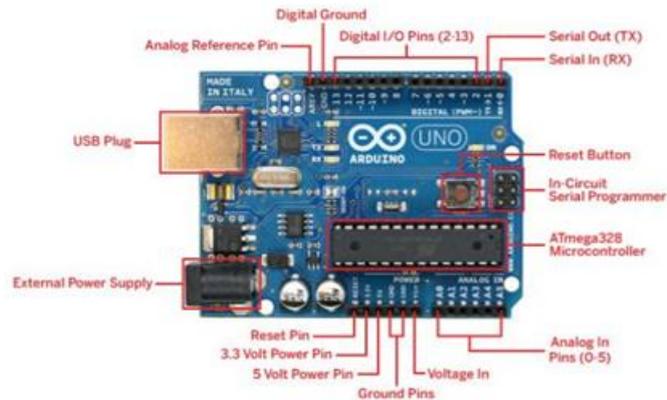


Figura 2.21: Elementos Importantes del Arduino

Fuente: (Sánchez, 2020)

2.26. Raspberry

Es una computadora de bajo costo y con un tamaño compacto, del porte de una tarjeta de crédito, puede ser conectada a un monitor de computador o un TV, y usarse con un mouse y teclado estándar. Es un pequeño computador que corre un sistema operativo linux capaz de permitirle a las personas de todas las edades explorar la computación y aprender a programar lenguajes como Scratch y Python. Es capaz de hacer la mayoría de las tareas típicas de un computador de escritorio, desde navegar en internet, reproducir videos en alta resolución, manipular documentos de ofimática, hasta reproducir juegos, La Raspberry Pi fue creada en febrero del 2012 por la Raspberry Pi Foundation, originalmente pensado para promover y enseñar las ciencias básicas de la computación en las escuelas y universidades de Reino Unido. Originalmente lanzaron dos modelos, el Modelo A y el Modelo B. Al poco tiempo de su lanzamiento ya había una comunidad formada por miles de “locos por la tecnología” que compraron una Raspberry para empezar a experimentar con nuevos proyectos. (Raspberrypi, 2021)

Esta plataforma empresa la revolución a nivel microprocesador, ya que está diseñada modo de un miniordenador. Usa lenguajes de alto nivel como Python, C++ y Java. El proyecto para su implementación se inició a partir del

hecho que los estudiantes no eran eficientes en detalles técnicos de computación, es decir, con fines didácticos. Fue así que se desarrolló esta computadora en miniatura de bajo costo y relativo alto desempeño que permite a una nueva generación de estudiantes a interactuar con sus computadoras en una forma nunca antes imaginada. (Casco, 2019)

Tiene todos los componentes esenciales requeridos para correr un sistema operativo. Usa el controlador Broadcom, que es un Soc (System on Chip). Este Soc tiene un poderoso procesador ARM11 que corre a 700 MHz. Esta minicomputadora no trae display, pero puede ser usado con un display HDTV o los estándares de TV NTSC o PAL. Tiene un puerto Ethernet que permite conectarlo a una red. Se pueden cargar sistemas operativos desde Mac, Windows y Linux. Su capacidad para correr Linux y la accesibilidad a la plataforma mediante una red LAN lo hace una opción perfecta para pequeños servidores web dedicados. (Casco, 2019)

2.27. Mikro C

PIC está basado en el lenguaje C estándar empleado en la programación de computadoras, por lo tanto, se encontrará que hay sólo unas pequeñas diferencias propias de la aplicación en el campo de los microcontroladores. Para aprender programación lo más recomendable es conocer los elementos básicos, los cuales se emplean en la solución de la gran mayoría de problemas, la programación en el compilador Mikro C PRO se basa en PROYECTOS.

Cada proyecto está conformado por un conjunto de archivos interrelacionados entre sí. Para crear un programa primero se debe crear un Proyecto (básicamente se debe seleccionar el microcontrolador, la frecuencia de operación y establecer los bits de configuración); a continuación, se procede a escribir las instrucciones del programa en lenguaje C (código fuente); y por último se genera el código de máquina .HEX (código ejecutable)

que será almacenado en la memoria de programa del microcontrolador. (Tecmikro, 2019)

2.28. ¿Qué es PROTEUS?

Es una herramienta software que permite la simulación de circuitos electrónicos con microcontroladores. Sus reconocidas prestaciones lo han convertido en el más popular simulador software para microcontroladores PIC y demás.

La suite se compone de cuatro elementos, perfectamente integrados entre sí:

- **ISIS** es la herramienta para la elaboración avanzada de esquemas electrónicos, que incorpora una librería de más de 6.000 modelos de dispositivos digitales y analógicos.
- **ARES** es la herramienta para la elaboración de placas de circuito impreso con posicionador automático de elementos y generación automática de pistas, que permite el uso de hasta 16 capas. Con **ARES** el trabajo duro de la realización de placas electrónicas recae sobre el PC en lugar de sobre el diseñador.
- **PROSPICE** la herramienta de simulación de circuitos electrónicos según el estándar industrial SPICE3F5.
- **VSM (Virtual System Modelling)** es la revolucionaria herramienta que permite incluir en la simulación de circuitos el comportamiento completo de los micro-controladores más conocidos del mercado. PROTEUS es capaz de leer los ficheros con el código ensamblado para los microprocesadores de las familias PIC, AVR, 8051, HC11, ARM/LPC200 y BASIC STAMP y simular perfectamente su comportamiento. Incluso puede ver su propio código interactuar en tiempo real con su propio hardware pudiendo usar modelos de periféricos animados tales como displays LED o LCD, teclados, terminales RS232, simuladores de protocolos I2C, etc. Proteus es capaz de trabajar con los principales compiladores y ensambladores del mercado. (Mendez, 2019)

2.29. Características de Proteus

Las principales características de Proteus son:

- Entorno de diseño gráfico de esquemas electrónicos (ISIS) extremadamente fácil de utilizar y dotado de poderosas herramientas para facilitar el trabajo del diseñador.
- Entorno de simulación propicie mixto entre el estándar SPICE3F5 y la tecnología exclusiva de Proteus de Modelación de Sistemas Virtuales (VSM).
- Entorno de diseño de placas de circuito impreso (ARES) de ultra-altas prestaciones con bases de datos de 32 bits, posicionador automático de elementos y generación automática de pistas con tecnologías de auto corte y regeneración.
- Moderno y atractivo interface de usuario estandarizado a lo largo de todas las herramientas que componen el entorno PROTEUS.
- La mayor parte de los módulos que componen PROTEUS han sido escritos por el mismo equipo, garantizando al máximo nivel posible la compatibilidad e inter-operatividad de todas las herramientas que componen el entorno PROTEUS, asegurando su estabilidad al máximo.

En el mundo de la formación, Proteus se muestra como una herramienta magnífica porque permite al alumno realizar modificaciones tanto en el circuito como en el programa, experimentando y comprobando de forma inmediata los resultados y permitiéndole de esta forma aprender de forma práctica y sin riesgos de estropear materiales de elevado coste. (Hubor, 2019)

Capítulo 3: Aportación del trabajo de titulación

En base a lo estudiado del horno para secado de Theobroma Cacao, en este capítulo se desarrolla el diseño y el sistema de control tanto el cálculo de paneles solares, este horno está diseñado para pequeños y medianos productores con el fin de mejorar sus ingresos monetarios en zonas humanas que contenta poco sol.

3.1. Diseño en AutoCAD

Por medio del programa AutoCAD se diseñó el horno de secado, las medias son las siguientes, 2 metros de alto, 1.4 metros de ancho y una profundidad de 1.4 metros, este prototipo contiene 3 bandejas enumeradas para el secado, con una capacidad total de 3 quintales, entre sus características principales es el panel de control automático del sistema, con sus respectivos luz de pilotos, todo esto controlado por el sistema de Arduino.

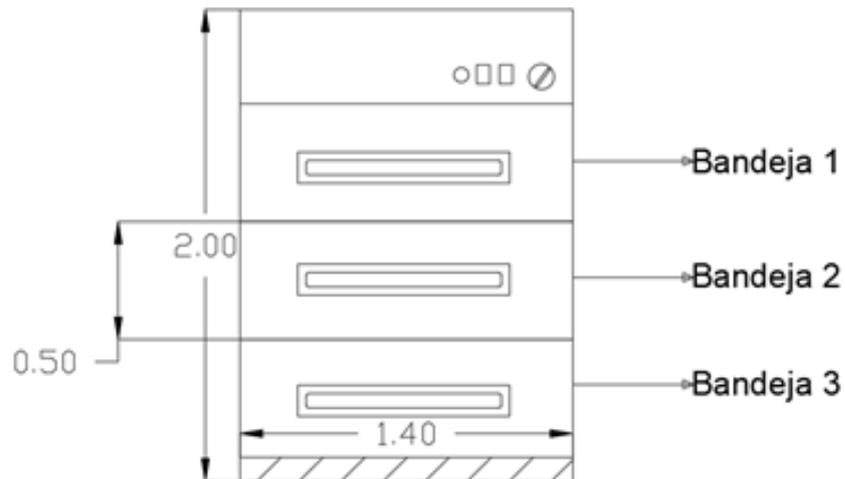


Figura 3.22: Diseño en AutoCAD de horno para secado de cacao

Fuente: El autor

3.2. Características del horno.

Este prototipo cuenta con 3 bandejas deslizables en sus paredes internas cuenta con una capa de 0.10 metros cubierta de lana de vidrio esto permitirá una mayor concentración de calor evitando perdidas para el secado,

este horno además brinda una facilidad de traslado por su tamaño y diseño, cuenta con panel de visualización de los grados centígrados en la recámara controlable. En la parte superior lleva un extractor este puede ser configurado también como inyector de aire esto ayuda a una mayor circulación de aire en la recámara combinado con el calor como se muestra en la (figura 3.23).

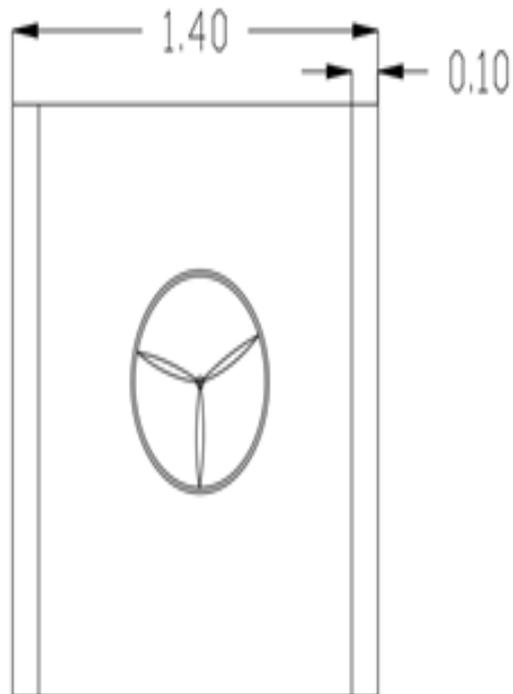


Figura 3.23: Extractor de Aire

Fuente: El autor

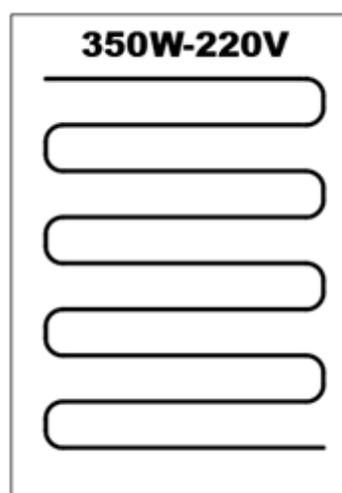


Figura 3.24: Parte Interna con resistencia en espiral

Fuente: El autor

Como se muestra en la figura 3.24 en la parte interna lleva una resistencia de alto rendimiento de forma de espiral convencional su potencia va hacer de 350 W a 220 V. el cálculo de la potencia de la resistencia es considerado a las dimensiones de la recamara por metro cuadrado y tomando en cuenta la comercialización en nuestro país de resistencia.

3.3. Cálculo de paneles solares.

En el presente Contenido, se realiza el cálculo de los paneles solares necesarios para un sistema de placas solares aislado/autónomo (sin posibilidad de conectarse a la red) que deseamos usar para este Proyecto, o cualquier otro que demanda una cierta cantidad de energía. (SUNFIELDS, 2019)

$P = \text{Demanda Mensual}$

$HSP = \text{Horas Solar Pico}$

$NP = \text{Número de Panel}$

$PS = \text{Panel de Diseño}$

$$NP = \frac{\text{Demanda mensual del Horno (P)}}{\text{Horas solar Pico (HSP) x panel de diseño (PS)}} \quad \text{formula 1}$$

De los datos obtenidos anteriormente su resistencia a utilizar es de 350W y un factor de utilidad de Potencia mensual de 2000W- 2KW, a continuación, se desarrollará el cálculo de la cantidad de paneles solares a utilizar para este proyecto.

$$PS = 250W$$

$$P = 2000W$$

$$HSP = 4H$$

$$NP = \frac{2000W}{4H \times 250W} = 2$$

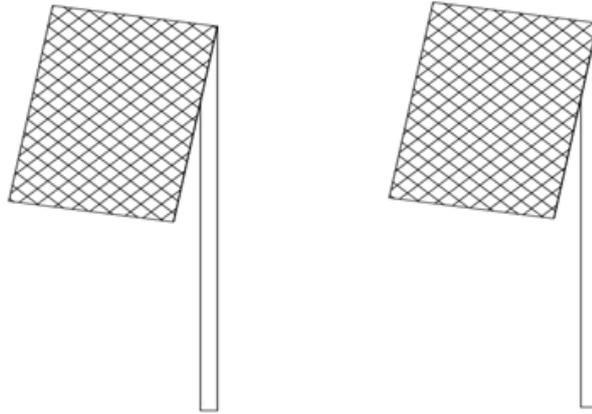


Figura 3. 25: Diseño de Paneles Solares

Fuente: El autor

De acuerdo con los cálculos tomando como referencia un panel de 250W y 4 horas del sol diarias para este proyecto se va a necesitar 2 paneles de 250W para ello es recomendable usar el tipo Monocristalino por su alta eficacia y aprovechamiento de la luz solar, el precio de los paneles solares Monocristalino en el mercado esta alrededor de 500 dólares americanos.

3.4. Cálculo de baterías

Para calcular la capacidad de baterías necesario utilizaremos de nuevo el valor del consumo diario obtenido previamente de 2280 Wh/día. Dividimos primero el consumo diario entre la tensión del banco de baterías $2280\text{Wh/día} / 12\text{V}$, obteniendo una capacidad de baterías necesaria de 190Ah. Dado que la batería no debe descargarse más del 50% de su capacidad porque perdería rápidamente su vida útil, la capacidad necesaria en este caso sería de 380Ah.

Esta capacidad correspondería a una batería con un 1 día de autonomía. En el caso de que busquemos una autonomía superior simplemente multiplicaremos su capacidad por los días de autonomía que estemos buscando.

3.5. Desarrollo en Proteus

Cuando hablamos de controladores nos referimos a un dispositivo lógico que es capaz de ser programable a solicitud de las personas quienes tiene un requerimiento de tener control sobre el mundo real, se afirman que es básicamente una computadora industrial la cual procesa todos los datos de una máquina como pueden ser sensores, botones, temporizadores y cualquier señal de entrada. Para posteriormente controlar los actuadores como pistones, motores, válvulas, etc.

Estos dispositivos electrónicos de los que hacen parte la familia Arduino ilustrado en la figura están conformados por entradas y salidas digitales como también entradas y salidas análogas puertos de comunicación entre otras funcionalidades en este proyecto por su bajo costo y soporte se utiliza el microcontrolador Arduino que ajusta perfectamente a muchas aplicaciones de cualquier ámbito, aunque existen limitaciones para proyectos que demanden más componentes dentro del sistema, por consiguiente más entradas y salidas lo que es mejor controladores más robustos de mayor capacidad. (Fernández, 2021)

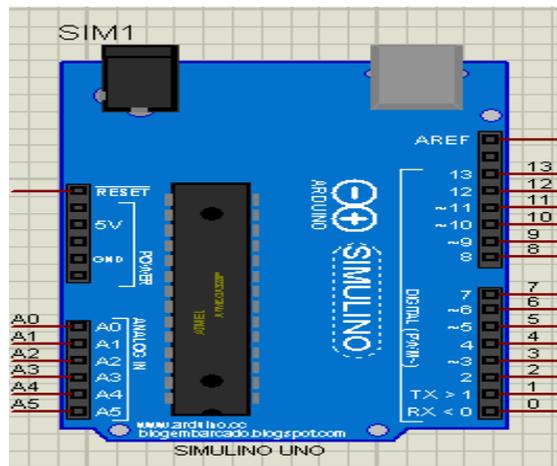


Figura 3.26: Arduino Ilustrado
Fuente: El autor

Como se muestra en la Figura 3.27 cuenta el diagrama de control con su respectivo panel de visualización de grados en la cámara esto lo conlleva hacer un horno fácil de usar y la introducir del tiempo y grados a operar, su

interfaz es de forma automática para el ahorro de energía. Además, en el diagrama se detalla el círculo de control y de panel de visualización donde se muestra rangos de temperatura tanto como actual de la cámara.

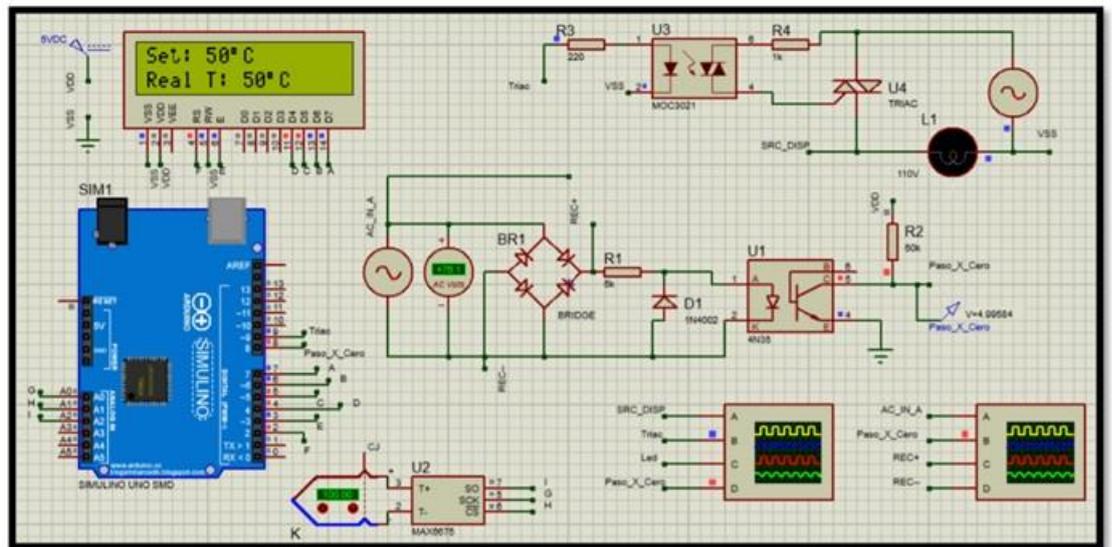


Figura 3.27: Diagrama de control
Fuente: El autor

2.30. Diagrama de Control

En el diagrama de control se tiene varios puntos importantes que se tiene que considerar al momento de operar el Horno y en algún mantenimiento a futuro, este sistema que muy simple conlleva un selector para los 2 estados del Horno como encendido o apagado esto está representado en su luz piloto, además cuenta con un sistema de protección a temperaturas altas o sobre corrientes este desconectara el circuito automático.

A continuación, se presenta una comparación en una hectárea de producción de cacao en venderlo en estado húmedo versus seco y se distingue las diferencias en costos de ganancias, estos datos son reales, tomados con dos pequeños agricultores en la ciudad de Santo Domingo de los Tsachilas.

Tabla 2 Precio del cacao húmedo en 6 meses

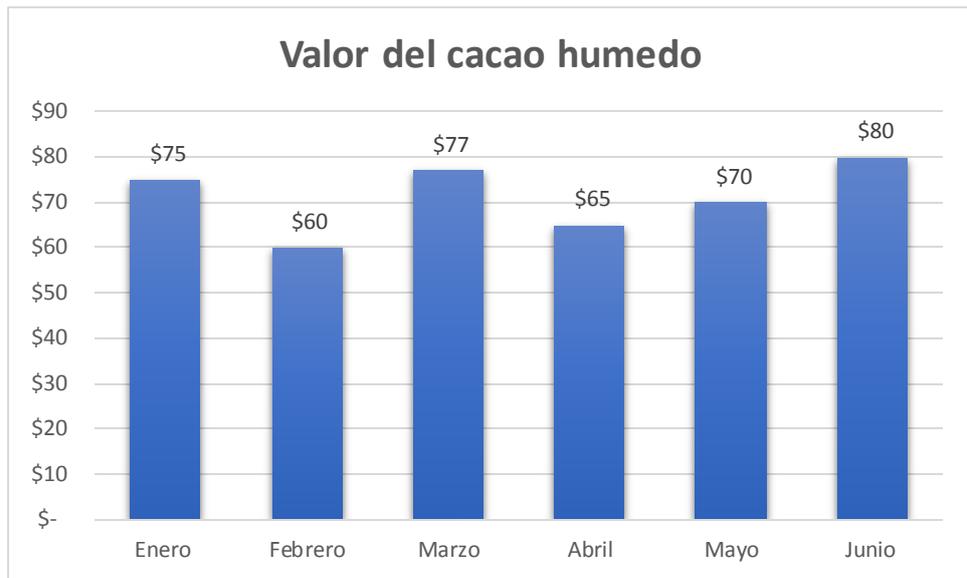
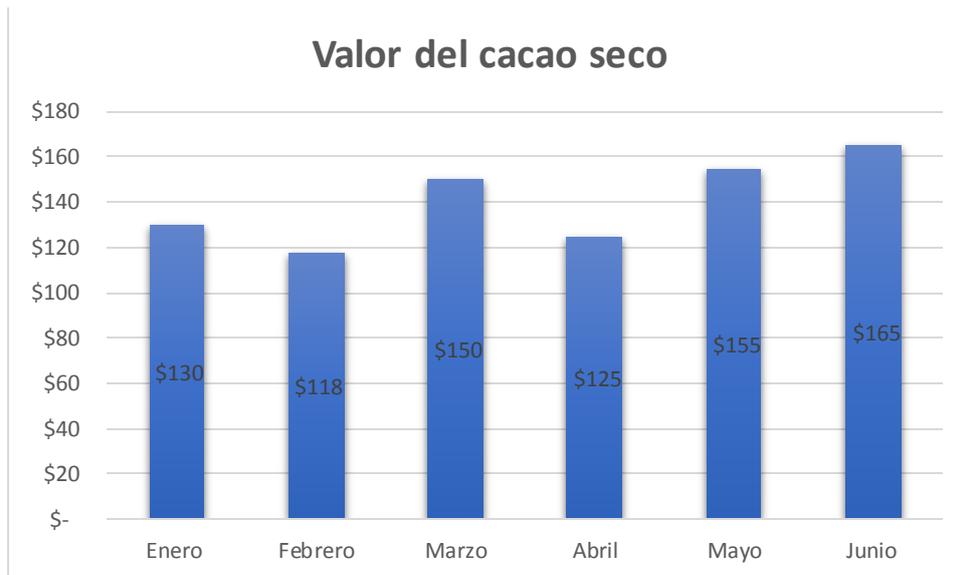
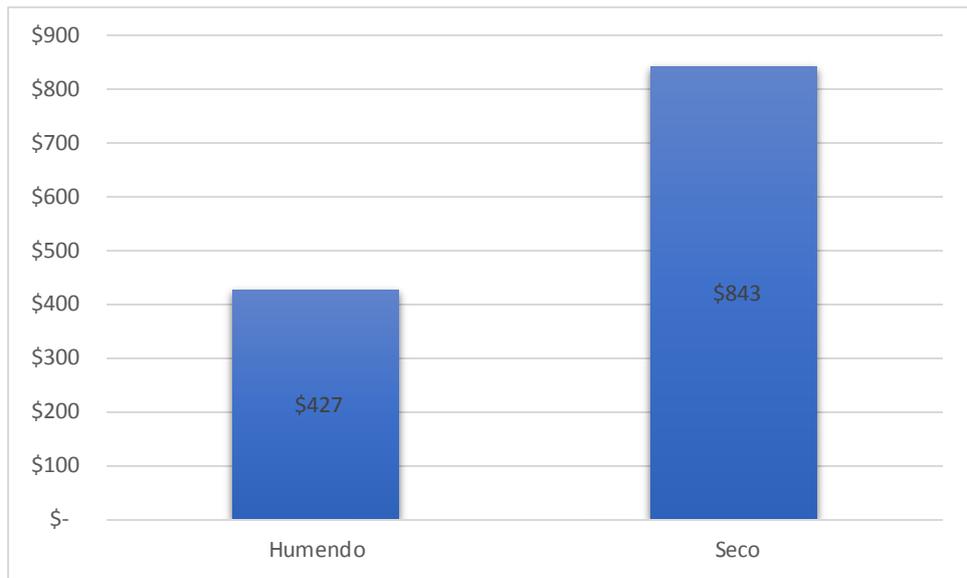


Tabla 3 Precio del cacao seco en 6 meses



Como indica la tabla 4 existe una gran diferencia que el agricultor venda su producto en el estado seco teniendo un valor duplicado esto demuestra que el agricultor tendrá mejores ingresos al utilizar el horno de secado.

Tabla 4 Valores de cacao humedo vs seco



CONCLUSIONES

- ✓ Al utilizar paneles solares monocristalinos, no se requiere heliofanías altas para obtener la temperatura ideal en el horno de secado.
- ✓ En verano el tiempo de secado se reduce a un cuarto del tiempo de invierno, debido al incremento radical de la heliofanía.
- ✓ Este sistema incrementa la tecnología y el nivel conocimientos, en los estudiantes de la facultad de educación técnica para el desarrollo.
- ✓ Los agricultores que utilicen el horno de secado tendrán un mayor ingreso en sus ventas esto ayudara venderlo de una forma rápida y segura.
- ✓ Por ser un sistema no complejo su mantenimiento es muy fácil de ejecutar ya que cuenta con sus bandejas desmontables tanto como el sistema eléctrico.
- ✓ El Horno puede ser usado en cual parte de país con poca luz solar también puede ser utilizado en el lugar de producción esto ayudara a evitar traslados de la materia prima.
- ✓ Permite el secado en sus tres bandejas simultáneamente ya que su temperatura es uniforme en toda la cámara.

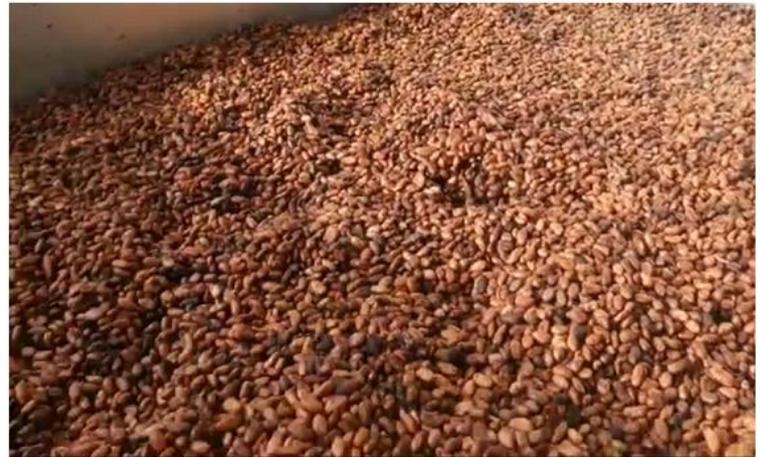
RECOMENDACIONES

- ✓ Los agricultores deben por lo menos adquirir un horno de secado para incrementar los ingresos por la venta del mismo, ya que sus ventas se incrementan al 100% como se sustentó en el estudio de 427 dólares a 843 dólares ya seco.
- ✓ Se debe utilizar la resistencia de 350 W máximo a 400 W debido a su gran beneficio de transferencia de calor.
- ✓ Se utilizó Arduino y no otro software libre tal como raspberry debido a la diferencia de precios.
- ✓ Se recomienda una vez al año dar un mantenimiento al horno tales como limpieza de paneles solares y limpieza interna de cámara.
- ✓ Es recomendable aportar mejoras en este horno para su mayor implementación en el área nacional.

Anexo 1: visita al agricultor valorización de precios cacao no seco.



Anexo 2: Secado natural bajo el Sol.



BIBLIOGRAFÍA

- Acevedo Garces, F. (2016). *Diseño de una instalación solar fotovoltaica con capacidad para 3 kilovatios*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/11352/10097742.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Anecacao. (2015). Historia del cacao. Recuperado el 3 de Enero de 2022, de <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/historia-del-cacao.html>
- Arenas Sánchez, D., & Zapata Castaño, H. (2011). *Libro interactivo sobre energía solar y sus aplicaciones*. Pereira, Colombia. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Frepository.utp.edu.co%2Fserver%2Fapi%2Fcore%2Fbitstreams%2F29243269-1d0b-4c34-8c23-b3229dbdc19a%2Fcontent&clen=1642030&chunk=true&pdfilename=62131244A681.pdf
- Arevalo, P. (2019). *Sistemas Embebidos*. Obtenido de <https://1library.co/article/sistemas-embebidos-marco-te%C3%B3rico-referencial.yr383j7y>
- ArteSolar. (2020). *Fotovoltaica*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2020, de <https://www.artesolarfotovoltaica.com/diferencias-entre-monocristalinos-y-policristalinos/>
- Asanza, M., Alvarado, R., Peñafiel, G., & Francisco, &. (2019). Crecimiento económico del cacao ecuatoriano. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/12/crecimiento-cacao-ecuador.html>
- Aserca. (2020). Hornos para el secado de cacao. Obtenido de <http://www.infoaserca.gob.mx/claridades/revistas/016/ca016.pdf>

- Atersa. (2021). *Paneles Solares*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2021, de <https://atersa.shop/como-calculo-cuantos-paneles-solares-necesito-para-mi-casa/>
- Autosolar. (2019). Paneles Solares monocristalinos. Obtenido de <https://autosolar.es/paneles-solares/paneles-solares-monocristalinos>
- Barbecho, A., & Loja, J. (Enero de 2019). Desarrollo de un prototipo de máquina híbrida de secado de granos de cacao con sistema de control automático de temperatura. Cuenca, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17131/1/UPS-CT008186.pdf>
- Bonilla, A. (2019). Herramientas de Diseño en Ingeniería. Obtenido de https://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/ca_GTcapitulo1.pdf?hash=45719c8cf0b8b8e52fb99b3f16af8d53
- Caballero, J. (23 de Junio de 2015). Diseño de una secadora de cacao para almacenaje con capacidad de 2T/día. Perú. Recuperado el 20 de diciembre de 2021, de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6199>
- Casco, S. M. (2019). *Raspberry Pi, Arduino y Beaglebone Black*. Obtenido de <http://jeuazarru.com/wp-content/uploads/2014/10/MiniPCs.pdf>
- Castañeda. (2021). Evaluación del desempeño de un secador solar directo sobre semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Redalyc*, XX, 23-28. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/837/83747942003/html/#redalyc_83747942003_ref8
- Castro. (22 de Febrero de 2019). *La Educación en la era Digital*. Obtenido de <https://ayto-torrijos.com/herramientas/que-es-autocad-y-para-que-sirve/>
- Conneting Buyers with Chinese Suppliers. (15 de Enero de 2021). Rxh (CT-C). Obtenido de <https://sthpmc.en.made-in-china.com/productimage/BXfmVkyPHgcE-2flj00EjztTQLwqBqD/China-Rxh-CT-C-Series-Hot-Air-Cycle-Drying-Machine.html>
- Contreras, L. (2017). *3DNATIVES.COM*. Recuperado el 20 de Diciembre de 2021, de <https://www.3dnatives.com/es/selfcad-software-3d-040520172/#!>

- Damiasolar. (2019). Qué son los paneles solares monocristalinos. Obtenido de https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/que-son-los-paneles-solares-monocristalinos_1
- Dávila Newman, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso de investigación de ciencias experimentales y sociales. *Laurus*, 12, 205. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/761/76109911.pdf>
- DCA News. (19 de Julio de 2021). *Túneles de secado, equipos y sistemas - alimentos y procesos*. Obtenido de <http://www.diariodeciencias.com.ar/tuneles-de-secado-cintas-para-secado/>
- Díaz, F. (3 de Mayo de 2021). Uso de las herramientas de diseño CAD en el área de Tecnología. Jaén. Recuperado el 25 de Diciembre de 2021, de https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/1457/2013_01_31_TFM_ESTUDIO_DEL_TRABAJO.pdf
- Eggers, L. (2021). Energía solar en países en desarrollo. Una descripción general y una guía para compradores para científicos e ingenieros solares. *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-0934201800090439500013&lng=en
- Ekechukwu, O. V., & Norton, B. (2019). Revisión de los sistemas de secado por energía solar II: una descripción general de la tecnología de secado solar. *ELSEIVER*, 615-655. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-0934201800090439500007&lng=en
- El Comercio. (31 de Octubre de 2009). En Sto. Domingo se siembra más cacao. Obtenido de <https://www.elcomercio.com/actualidad/sto-domingo-siembra-mas-cacao.html#:~:text=Santo%20Domingo%20de%20los%20Ts%C3%A1chilas,Orellana%2C%20estuvo%20en%20esa%20provincia.>
- Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A., & Sanchez, L. (2019). *Catálogo de Máquinaria para procesamiento de cacao*. Lima, Perú: Iata SAC. Obtenido de https://energypedia.info/images/0/08/Maquinaria_para_Cacao.pdf

- ESNECA. (2020). *Qué es Autocad y para qué sirve*. Obtenido de <https://www.esneca.com/blog/que-es-autocad/>
- Espinosa, C., & Ruiz, V. (6 de Mayo de 2015). Diseño y construcción de una máquina secadora de cacao para aplicación agroindustrial en la provincia de Santo Domingo de las Tsáchilas. Sangolquí. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10323>
- Fabricio. (2020). Introducción del Cacao .Obtenido de https://html.rincondelvago.com/cacao_2.html
- FactorEnergía. (18 de Junio de 2021).Energía solar. Obtenido de <https://www.factorenergia.com/es/blog/autoconsumo/energia-solar/>
- Fernandez, Y. (2021).Que es arduino , como funciona y que hacer con uno . Obtenido de <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno>
- Fernández, A. R. (2021). *Diseño e implementación de controlador de temperatura en plataformas electrónicas*. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42373/aruizfe.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- García, P., Salgado, A., . Barelb, C., Rodríguez, B., García, J., & Alvarado. (2007). Evolución de la humedad, acidez y temperatura durante el secado del cacao. *Science Direct*, 1159-1165.
- Garg, H. (2019). *Advances in solar energy technology*. 1 Edit. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=S2007-0934201800090439500009&lng=en
- Grainpro. (2019). *Storing the Future*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2021, de <https://news.grainpro.com/es/c%C3%B3mo-secar-el-grano-de-cacao-apropiadamente>
- Guerrero, G. (2020). El Cacao ecuatoriano Su historia empezó antes del siglo XV. *Lideres*, 15. Recuperado el 4 de Diciembre de 2022, de <https://www.revistalideres.ec/lideres/cacao-ecuatoriano-historia-empezo-siglo.html>

- Hubor. (3 de Abril de 2019). *Hubor Proteus*. Obtenido de <https://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/2-proteus.html>
- Intervento. (2021). Tipos de paneles fotovoltaicos. Obtenido de <https://tritec-intervento.cl/tipos-de-paneles-fotovoltaicos/>
- Jacho, W. (2020). Análisis y modelamiento del impacto de la radiación difusa en la generación eléctrica usando paneles solares fotovoltaicos policristalinos. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7868/6/UPS-QT00905.pdf>
- Jácome, M. (19 de MAyo de 2010). Coincidencia de la aplicación de tecnología de secado en el mejoramiento del valor agregado del cacao (*Theobroma cacao*) variedad CCN-51. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5439/1/PAL%20226.pdf>
- Janjai. (2021). Eficacia de secador solar tipo túnel con cacao. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000904395&script=sci_arttext#B11
- Kiehle, N. (2021). ¿Cómo calcular cuantos paneles necesito?. Recuperado el 27 de Diciembre de 2021, de <https://www.thinkbright.mx/blog/calcular-cuantos-paneles-solares>
- López, M. (2020). *Desarrollo de un tutorial interactivo en línea para la aplicación de Software libre en los procesos CAD-CAM para educación superior*. Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/bitstream/123456789/1565/1/76099.pdf>
- Luchetti, S. (1 de Junio de 2021). *Tribalyte Technologies*. Obtenido de <https://tech.tribalyte.eu/blog-sistema-embebido-caracteristicas>
- Marin, E. (2019). La energía solar fotovoltaica en España. Obtenido de <http://repositorio.ual.es/bitstream/handle/10835/1443/espejamarin.pdf?sequence=1>
- Maupoey. (2019). Catalogo de maquinaria para procesamiento de cacao . Obtenido de https://energypedia.info/images/0/08/Maquinaria_para_Cacao.pdf
- Mendez, L. (12 de junio de 2019). *Laboratorio de Electrónica*. Obtenido de <http://labelectronica.weebly.com/proteus.html>

- Morelli, R., & Nieva, L. (19 de Septiembre de 2018). La Evolución del Software libre CAD para Modelado. 56-59. Córdoba. Obtenido de <https://www.fceia.unr.edu.ar/solcad/CADI-CAEDI-2018-T39-MORELLI-NIEVA-UNR.pdf>
- Nogales, J. (17 de Septiembre de 2019). *Secado del Cacao Poscosecha*. Obtenido de <https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>
- Oriol, P. (2020). ¿Qué es el silicio policristalino?. Obtenido de <https://solar-energia.net/energia-solar-fotovoltaica/elementos/panel-fotovoltaico/celula-fotovoltaica/silicio/silicio-policristalino>
- Ospina. (2021). Secado artificial del cacao. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/10984>
- Ospina, D., & Tinoco, H. (2018). Análisis del proceso de deshidratación de cacao para la disminución del tiempo de secado. *Redalyc*, 53 - 63. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/837/83747942003/html/#redalyc_83747942003_ref8
- Parra, P. (2019). *Secado Artificial de Cacao Ecuador*. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10984/1/Secado%20artificial%20de%20cacao%20Estado%20del%20arte.pdf>
- Pel, E. &. (2019). Eficacia de secador solar tipo túnel de cacao. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342018000904395&script=sci_arttext#B8
- Perez, C. (2020). *Implementacion de un sistema de carga para celulares mediante energía solar fotovoltaica*. Obtenido de <http://201.159.223.6/bitstream/123456789/83/1/43.1390-ROSALES-PEREZ-CARLOS-EDUARDO.pdf>
- Portilla, J. (2020). *Diseño y construcción de un sistema de control de carga y demanda para sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de <http://201.159.223.6/bitstream/123456789/83/1/43.1390-ROSALES-PEREZ-CARLOS-EDUARDO.pdf>

- Poscosecha Cacao(2019). Métodos de secado del cacao.Recuperado el 10 de Diciembre de 2021, de <https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>
- Prostarsolar. (2020). Paneles solares como funcionan monocristalinos y policristalinos ?.Obtenido de <https://www.prostarsolar.net/es/paneles-solares-como-funcionan-monocristalinos-o-policristalinos.html>
- Puig, P., & Jofra, M. (2019). *Energías Renovables para todos Solar Fotovoltaica*. Obtenido de http://www.instalacionesindustriales.es/documentos/divrenovables/cuaderno_FOTOVOLTAICA.pdf
- Raspberrypi. (2021). ¿Qué es Raspberry Pi?. Obtenido de <https://raspberrypi.cl/que-es-raspberry/>
- Relief, Lutheran World. (2020). Cosecha, Fermentación y secado del caco. Obtenido de http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/02/19_Guia_8_Beneficiado.pdf
- Romero, E. (2021). Evaluación del desempeño de un secador solar directo sobre semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Redalyc*. Obtenido de https://www.redalyc.org/journal/837/83747942003/html/#redalyc_83747942003_ref8
- Sáenz, D., & Riveros, H. (2017). Esquemas de comercialización que favorecen la vinculación de productores de cacao con el mercado. Recuperado el 10 de enero de 2020, de <https://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2995/BVE17058893e.pdf;jsessionid=EC087585BC0F9A896BDA6571385260FC?sequence=1>
- Sales, G., Salvador, S., & Orts, S. (2011). *Convertidores Electrónicos,Energía Solar Fotovoltaica, Aplicaciones de Diseño*. Editorial Universat Politénica de València. Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/72021/TOC_6024_01_01.pdf?sequence=5&isAllowed=y

- Sánchez, E. (2020). *Diseño de un sistema de control domótico*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18228/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SelfCAD. (2020). *SAMT SUDOE*. Obtenido de <https://www.samtsudoe.com/es/course/samt-sudoe/capitulos/selfcad/>
- SIAP. (2019). Eficacia de secador solar tipo túnel con cacao (*Theobroma Cacao L.*) en Tabasco. *SciELO*, 6. Obtenido de <http://www.gob.mx/siap>. http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola_siap_gob_mx/avancenacionalcultivo.do.
- SOLARAMA (2019). 5 Características principales de los paneles solares policristalinos .Obtenido de <https://solarama.mx/blog/caracteristicas-paneles-solares-policristalinos/>
- Solarcas. (2019). Todo lo que necesitas saber sobre paneles solares monocristalinos y policristalinos.Obtenido de <https://www.solarcas.es/paneles-solares-monocristalino-policristalino/>
- SUNFIELDS. (2019). Placas solares fotovoltaicas. *Cómo dimensionar y calcular paneles solares fotovoltaicos necesarios para un sistema aislado*. Madrid, España. Recuperado el 2 de Diciembre de 2021, de <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/calcular-paneles-solares-necesarios-para-sistemas-aislados/>
- Tecmikro. (2019). MicroC Pro para Pic.Obtenido de <https://tecmikro.com/content/61-mikroc-pro-para-pic-programacion-ejemplos>
- Tobajas, C. (2021). Montaje y mantenimiento de instalaciones solares térmicas. En P. Cano (Ed.), *Montaje y mantenimiento de instalaciones solares térmicas: MF00601_2 : replanteo de instalaciones solares térmicas* (pág. 419). Recuperado el 25 de Diciembre de 2021, de https://books.google.com.ec/books/about/Montaje_y_Mantenimiento_de_Instalaciones.html?id=vfZzMwEACAAJ&redir_esc=y
- UNESCO. (14 de Marzo de 2021). Mayo Chinchi - paisaje arqueológico del Maraón. Ecuador. Obtenido de <https://whc.unesco.org/en/tentativelists/6091/>

- Valdivia, R. (2019). *Cacaofcaug*. Obtenido de <https://cacaofcaug.files.wordpress.com/2015/08/fundamentos-del-secado-del-cacao.pdf>
- Vega, R., & Martínez, W. (Mayo de 18 de 2015). Diseño e implementación de un sistema rotatorio de flujo constante para secado de cacao utilizando transferencia de calor por convección y control predictivo basado en modelo. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10436/1/UPS-GT001528.pdf>
- Yáñez, Y., & Portilla, J. (23 de Septiembre de 2018). *Diseño y construcción de un sistema de control de carga y demanda para sistemas fotovoltaicos*. Obtenido de <http://repositorio.uisek.edu.ec/123456789/1585>

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Quispe Bravo, Guillermo Gabriel** con C.C: 2300580327 autor del Trabajo de Titulación **Estudio de un modelo de horno para secado de *Theobroma Cacao* alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Eléctrico Mecánica** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 8 de marzo del 2022



Quispe Bravo, Guillermo Gabriel

C.I.2300580327

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Estudio de un modelo de horno para secado de Theobroma Cacao alimentado con energía renovable y controlado por ARDUINO		
AUTOR(ES)	Quispe Bravo, Guillermo Gabriel		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Philco Asqui, Luis Orlando		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Eléctrico Mecánica		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniero Eléctrico Mecánico		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	8 de marzo del 2022	No. DE PÁGINAS:	68
ÁREAS TEMÁTICAS:	Control, sistemas Automatizados, Circuitos Eléctricos, Termodinámica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Paneles solares, horno eléctrico, Arduino, Energía Renovable, horno para cacao.		
<p>El presente trabajo de titulación tiene como objetivo principal el estudio de un diseño de horno de secado de cacao, alimentado con energía renovable, este diseño y estudio fue creado al ver la problemática que presentan los pequeños y medianos agricultores en el proceso de secado de cacao por el clima húmedo que existe dentro de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, esto ayudara al agricultor a que su producto tenga mayor precio a la hora de comercializarlo, este diseño está controlado por sistemas embebidos el cual ayudara a un fácil manejo al momento de la manipulación, tales como la visualización de temperaturas en la recamara, también es un horno fácil de usar y trasportar de un lugar a otro en sectores que no tengan energía eléctrica, como por ejemplos en el sitio de producción del cacao esto debe ser alimentado con energía solar ya que el gran beneficio de este horno pero mite aprovechar al 100 % la luz del día sin importar lo soleado que este el día, por su alta captación en los paneles, además facilita ya introducción del cacao ya que cuenta con bandejas deslizantes, la cámara del mismo está cubierta de una capa de lana de vidrio esto ayudara a una mayor concentración y aprovechamiento de calor ,cuenta con una resistencia eléctrica y con un sistema de ventilación en la parte superior esto permite que el calor fluya en toda la recamara dejando como paso final un secado uniforme.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 0960877957	E-mail: guillog7@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE	Nombre: Ing. Orlando Philco Asqui		
	Teléfono: +593-980960875		
	E-mail: luis.philco@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			