

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



Informe de Ejercicio Profesional Supervisado

**FUNCIONAMIENTO Y EVALUACION DE UN PROTOTIPO  
GENERADOR DE AIRE CALIENTE PARA EL DESHIDRATADO DE  
FRUTAS, UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE LA CASCARA DE  
LA SEMILLA DE MARAÑÓN (*Anacardium occidentale*).**

**PRESENTADO POR:**

**Castro Lucero, Carolina del Rosario**

**Constanza, Ulises Ernesto**

**Mendoza Lara, Víctor Amílcar**

**Reyes Hernández, José Milton**

**SAN VICENTE 26 DE ENERO DEL 2016**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA PARACENTRAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

Informe de Ejercicio Profesional Supervisado

**Título:**

**FUNCIONAMIENTO Y EVALUACION DE UN PROTOTIPO  
GENERADOR DE AIRE CALIENTE PARA EL DESHIDRATADO DE  
FRUTAS, UTILIZANDO COMO COMBUSTIBLE LA CASCARA DE  
LA SEMILLA DE MARAÑON (*Anacardium occidentale*).**

Presentado por:

**Castro Lucero, Carolina del Rosario**

**Constanza, Ulises Ernesto**

**Mendoza Lara, Víctor Amílcar**

**Reyes Hernández, José Milton**

Trabajo aprobado por:

Docente Jefe del Departamento de Ciencias Agronómicas:

***Ing. Msc. René Francisco Vásquez***

Docente Coordinador de la Carrera:

***Lic. Nelsus Armando López Turcios***

Docentes Tutores:

***Ing. Manuel Antonio Juárez Carranza***

***Ing. Rafael Arturo Rodríguez Martínez***

Tutor Institucional o Empresarial:

***Lic. Sergio Alexander Flores***

**SAN VICENTE 26 DE ENERO DE 2016**

## RESUMEN

El presente informe comprende el desarrollo de la materia Ejercicio Profesional Supervisado (EPS), ejecutado por los estudiantes de la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Paracentral, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, el cual se realizó en la Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador (APRAINORES), ubicada en el Cantón San Carlos Lempa, municipio de Tecoluca, departamento de San Vicente.

Tomando en cuenta una necesidad real definida por el gerente de la empresa, donde se informó a los estudiantes la problemática y limitantes que se tenían en la línea de deshidratado de frutas, requiriendo validar el funcionamiento de un prototipo generador de aire caliente utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón (*Anacardium occidentale*), como alternativa en condiciones climáticas adversas, que impidan la utilización del deshidratador solar (equipo actual con el cual se realiza el proceso de deshidratado de frutas en la planta).

Para llevar a cabo lo anteriormente planteado, se realizaron una serie de cotizaciones necesarias y sus respectivos presupuestos, para presentarlo al gerente de la empresa y comprar los materiales necesarios, según la conveniencia de la empresa debido a que se basa en una prueba a escala piloto, y de esta manera poder establecer la conexión, instalación y conducción del aire caliente generado por el prototipo hacia los gabinetes.

Al finalizar la instalación del sistema se procedió a la ejecución de las pruebas pertinentes necesarias, las cuales consistieron en: utilizar la cáscara de semilla de marañón, para alimentar la cámara de combustión, tomando parámetros sobre cantidad de biomasa, temperaturas logradas en intervalos de tiempo, y para determinar que las temperaturas logradas fueran las óptimas para el deshidratado de frutas.

Se realizaron pruebas, utilizando diversas materias primas, específicamente: papaya (*Carica papaya*), y plátano (*Musa paradisiaca*) con sus respectivos

espesores de corte, acondicionándolas en las bandejas y estas al interior de los gabinetes de deshidratado.

Para evaluar la capacidad del aire caliente generado, también se utilizó nuez de marañón con pergamino para obtener un tostado que facilitara el desprendimiento de ésta.

Tomando en cuenta los registros de cada prueba, se realizó la tabulación de datos para poder hacer una estandarización de cantidad de biomasa utilizada, temperaturas generadas y tiempos que conlleva el proceso de deshidratado de frutas.

Al finalizar las pruebas pertinentes se concluyó que el prototipo generador de aire caliente para el deshidratado de frutas, es eficiente y tiene la capacidad de generar las temperaturas requeridas para el deshidratado que cumpla con las expectativas del mercado.

## ABSTRACT

This report covers the development of matter Supervised Professional Practice (EPS), performed by students of the University of El Salvador, Paracentral Multidisciplinary School of Engineering Agroindustrial race, which was held at the Association of Organic Producers Agribusiness El Salvador (APRAINORES), located in the Canton San Carlos Lempa, Tecoluca municipality, department of San Vicente.

Given a real need defined by the manager of the company, where students reported the problems and limitations that were in the line of dried fruit, requiring validate the operation of a hot air generator prototype using as fuel shell cashew nuts (Cashew), alternatively in adverse weather conditions prevent the use of solar dryer (current equipment with which the process of dehydrated fruit on the vine).

To accomplish the above stated, a number of contributions required and their budgets were performed, for submission to the manager of the company and buy the necessary materials for the convenience of the business because it is based on a test pilot scale and in this way to establish the connection, installation and conduction of hot air generated by the prototype to the cabinets.

After installation of the system proceeded to the implementation of relevant evidence necessary, which consisted of: use shell cashew nuts to feed the combustion chamber, taking parameters on amount of biomass, temperatures achieved at time intervals and to determine the optimal temperatures were achieved for dehydrated fruit.

Tests were conducted using various raw materials, specifically: Papaya (*Carica papaya*) and banana (*Musa paradisiaca*) with their respective thicknesses cutting and packaging them in trays inside these cabinets dehydrated.

To assess the ability of the hot air generated, cashew nut was also used to obtain a roasted to facilitate the detachment thereof.

Taking into account the records of each test, the tabulation was made to make a standardized amount of biomass used, generated temperatures and times involved in the process of dehydrated fruit.

At the end of the relevant evidence it was concluded that the generator of hot air dehydrated fruit, prototype is efficient and has the ability to generate the temperatures required for the dehydration that meets market expectations.

## GLOSARIO

- **Biomasa:** Cantidad de productos obtenidos por fotosíntesis, susceptibles de ser transformados en combustible útil para el hombre y expresada en unidades de superficie y de volumen.
- **Calefacción:** Acción de calentar un lugar. Es una forma de climatización que consiste en aportar calor a los espacios cerrados y habitados, cuando las temperaturas exteriores son bajas, conforme sean las necesidades.
- **Cámara de combustión:** Hueco, recinto o compartimento en determinados mecanismos y construcciones, o recinto cerrado especialmente proyectado donde se realiza la combustión del combustible.
- **Combustión:** Acción de arder o quemarse una materia.
- **Deshidratado (en frutas):** Consiste en eliminar una buena parte de la humedad de los alimentos, para su larga duración.
- **Eficiencia:** Capacidad para realizar o cumplir adecuadamente una función.
- **Entorchar:** Acción de retorcer, ejemplo: el alambre de amarre.
- **Histéresis:** Son los grados programados en el termostato en encender y apagar.
- **Película o pergamino:** Membrana delgada que rodea la nuez de marañón.
- **Prototipo:** Primer ejemplar que se fabrica de una figura, un invento u otra cosa, y que sirve de modelo para fabricar otras iguales, o molde original con el que se fabrica.
- **PSI:** Se denomina PSI (del inglés Pounds per Square Inch) a una unidad de presión cuyo valor equivale a 1 libra por pulgada cuadrada.
- **PVC:** es la denominación por la cual se conoce el policloruro de vinilo, un plástico que surge a partir de la polimerización del monómero de cloroetileno (también conocido como cloruro de vinilo). Los componentes del PVC derivan del cloruro de sodio y del gas natural o del petróleo, e incluyen cloro, hidrógeno y carbono.

- **Sensor:** es un dispositivo capaz de interrumpir señales de cambio de temperaturas.
- **Termómetro:** Instrumento que sirve para medir la temperatura; el más habitual consiste en un tubo capilar de vidrio cerrado y terminado en un pequeño depósito que contiene una cierta cantidad de mercurio o alcohol, el cual se dilata al aumentar la temperatura o se contrae al disminuir y cuyas variaciones de volumen se leen en una escala graduada.



## ÍNDICE GENERAL

Portadilla.....	i
Resumen.....	ii
Abstract.....	iv
Glosario.....	vi
Índice.....	viii
Índice de tablas.....	ix
Índice de imágenes.....	x
Índice de anexos.....	xi
	<b>Página</b>
INTRODUCCION.....	13
OBJETIVOS.....	15
I-MARCO TEORICO.....	16
II-MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
III- PROYECTO PROBLEMA SOLUCION.....	30
IV- CONCLUSIONES.....	64
V- RECOMENDACIONES.....	66
VI- LITERATURA CONSULTADA.....	67
VII- ANEXOS.....	71

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>Página</b>
1. Cotización almacenes Vidrí.....	32
2. Costo total materiales tubo PVC 8 plg.....	33
3. Costo total materiales tubo PVC 10 plg.....	33
4. Cotización Frio Aire.....	34
5. Presupuesto 1: Tubería PVC 8 plg.....	34
6. Presupuesto 2: Tubería PVC 10 plg.....	35
7. Presupuesto 3: Ducto flexible.....	35
8. Presupuesto 4: Ducto flexible existente.....	35
9. Presupuesto 5: Ducto flexible existente.....	36
10. Datos primera prueba de deshidratados de frutas.....	51
11. Datos 2: de deshidratados de frutas .....	55
12. Datos 2: tostado de nuez de semilla de marañón.....	61
13. Datos prueba de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente.....	63

## INDICE DE IMÁGENES

<b>Imagen</b>	<b>Página</b>
Imagen 1: Prototipo generador de aire caliente.....	16
Imagen 2: Bomba centrífuga.....	17
Imagen 3: Radiador.....	17
Imagen 4: Termostato controlador.....	18
Imagen 5: Filtro para aire.....	18
Imagen 6: Inyectores de aire.....	19
Imagen 7: Ducto flexible.....	20
Imagen 8: Foto satelital ubicación geográfica.....	26
Imagen 9: Foto satelital ubicación de planta.....	27
Imagen 10: Prueba de funcionamiento y programación del termostato	38
Imagen 11: Colocación toma macho.....	38
Imagen 12: Programación termostato controlador.....	39
Imagen 13: Desinstalación de inyectores industriales.....	40
Imagen 14: Colocación de filtros.....	41
Imagen 15: Ensamble de ducto.....	42
Imagen 16: Colocación de cinchas.....	43
Imagen 17: Acople de ductos.....	44
Imagen 18: Conexión de bomba centrífuga y radiador.....	45
Imagen 19: Quema de combustible.....	45
Imagen 20: Gabinete cargado de nuez de marañón con pergamino.....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Página</b>
1. Preparación de alojamiento para inyectores.....	71
2. Instalación de ducteria.....	72
3. Instalación de bomba centrífuga.....	73
4. Alimentación del prototipo.....	74
5. Verificación de funcionamiento.....	75
6. Preparación de la fruta para el deshidratado.....	76
7. Producto terminado deshidratado.....	77
8. Tiempos de deshidratado de diversas frutas.....	78

## INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la materia, Ejercicio Profesional Supervisado, tiene como objetivo desarrollar las habilidades, destrezas, preparación y consecución de actividades realizadas en el campo laboral en la rama de la Ingeniería Agroindustrial; las prácticas se realizaron en APRAINORES.

La Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador (APRAINORES), fue la empresa que brindó la oportunidad de llevar a cabo los objetivos requeridos por esta materia, para complementar la formación académica a través del contacto directo con el campo laboral, permitiendo estimular la capacidad de solucionar las diversas problemáticas que surgen durante la gestión empresarial y laboral.

La problemática planteada por la empresa APRAINORES, y en la cual se realizaron las prácticas de la materia Ejercicio Profesional Supervisado, fue la puesta en marcha y evaluación de un prototipo generador de aire caliente para el deshidratado de frutas, utilizando como biomasa la cáscara de la semilla de marañón (*Anacardium occidentale*).

El informe está estructurado por capítulos, en los cuales se organizan y detallan las generalidades de la empresa receptora (APRAINORES), así como las actividades realizadas para solucionar el problema planteado, durante el periodo de ejecución del proyecto.

En el capítulo I, se presenta el marco teórico relacionado con el proyecto, como la conceptualización y función de los equipos utilizados para hacer la conexión del prototipo y los gabinetes. Además de plasmar información sobre el proceso del deshidratado de frutas.

En el capítulo II, se presentan los materiales y métodos, apartado en el cual se hace una descripción de la empresa, mencionando sus orígenes, forma de producción de la materia prima, situación legal de la empresa, forma de administración y localización geográfica. También se presenta el periodo de ejecución del proyecto y se hace mención de la problemática identificada.

En el capítulo III, proyecto problema solución se mencionan y describen las actividades realizadas durante el periodo de ejecución del proyecto, hasta la puesta en marcha y evaluación del prototipo generador de aire caliente.

## OBJETIVOS

### Objetivo General:

- ✓ Completar el proceso de generación alternativa de aire caliente para el deshidratado de alimentos

### Objetivos específicos:

- ✓ Instalar el prototipo generador de aire caliente para abastecer los gabinetes con temperaturas internas de 50°C para el deshidratado de frutas.
- ✓ Activar la cámara de combustión con cáscara de semilla de marañón (como combustible).
- ✓ Deshidratar frutas a partir de aire caliente generado por el prototipo.

## I- MARCO TEORICO

### 1.1- Generador de aire caliente

Es una máquina o dispositivo de ingeniería, donde la energía química o eléctrica se transforma en energía térmica (Hernández, 2011). Básicamente libera energía mediante la combustión de combustibles como gas natural, diésel, biomasa, entre otros (Céleri, 2008).



Imagen 1. Prototipo generador de aire caliente

### 1.2- Equipo utilizado en la conexión del prototipo con los gabinetes

#### 1.2.1- Bomba centrífuga

Las bombas centrífugas son las más usadas en las industrias (QuimiNet, s.f.). El rol de una bomba es el aporte de energía al líquido bombeado (energía transformada luego en caudal y altura de elevación), según las características constructivas de la bomba misma y en relación con las necesidades específicas de la instalación (Barbera, 2012).





Imagen 2. Bomba centrífuga

### 1.2.2- Radiador

Un intercambiador de calor es cualquier dispositivo que transfiere calor a partir de un fluido a otro fluido. Algunas plantas dependen de intercambiadores de calor aire/líquido (Jaramillo, 2007).

Su principio básico es el de intercambiar el calor contenido en el líquido y transferirlo al aire que circula a través de él (Universidad Don Bosco, s.f.).



Imagen 3. Radiador

### 1.2.3- Termostato

Es un dispositivo de control que actúa abriendo o cerrando un contacto de un circuito eléctrico en función de las variaciones de temperatura del lugar dónde se encuentre su elemento sensor o bulbo (FP, s.f.).

El termostato tiene múltiples aplicaciones como: control de la temperatura ambiente del medio a enfriar. Control del desescarche: fin de desescarche por temperatura, retardo ventiladores (Espare, s.f.).



Imagen 4. Termostato controlador

### 1.2.4- Filtro para aire

Los filtros para aire de aspiración, reducen las partículas contenidas en el aire de aspiración. El filtro para aire evita la entrada de polvos minerales y partículas en el sistema para deshidratar (Heinz, 2005).



Imagen 5. Filtro para aire

### 1.2.5- Inyectores de aire

Para mover a través de una extracción localizada o un sistema de ventilación general de un local es necesario aportar energía para vencer las pérdidas de carga del sistema (Anónimo, s.f.). Son aptos para mover caudales de aire con bajas presiones. La transferencia de energía se produce mayoritariamente en forma de presión dinámica (PGV, 2011).

Los inyectores son máquinas más usadas para producir el movimiento del aire en la industria (Anónimo, s.f.). Su funcionamiento se basa en la entrega de energía mecánica al aire a través de un rotor que gira a alta velocidad y que incrementa la energía cinética del fluido, que luego se transforma parcialmente en presión estática (PGV, 2011).



Imagen 6. Inyectores de aire

### 1.2.6- Ducto flexible

Ducto es de forma circular puede ser sin aislamiento o con aislamiento de fibra de vidrio y forro exterior de doble película de poliéster metalizado reforzada como barrera de vapor (contra la evaporación) y en su interior con doble película de fibra de vidrio con un resorte de acero templado (Colocho et al., 2011).



Imagen 7. Ducto flexible

### **1.3- Proceso de deshidratación**

#### **1.3.1- Deshidratación**

La deshidratación es una de las formas más antiguas de procesar alimentos. Los alimentos deshidratados no necesitan ser refrigerados y conservan mejor sus componentes nutricionales ya que el proceso es simple y fácil de realizar (Calderón, 2010).

El deshidratado reduce el grado de humedad deteniendo el crecimiento de microorganismos que son los causantes que la fruta se deteriore. El objetivo de este proceso es el poder preservar el producto para evitar que se malogre y pierda su valor, además de obtener un producto refinado (Soluciones Prácticas, s.f.).

### **1.4- Tipos de deshidratación**

#### **1.4.1- Deshidratación solar**

Para deshidratar productos al sol, es necesario hacerlo en días muy soleados, con temperaturas arriba de los 85°F y con humedad relativa debajo del 60% (Calderón, 2010).

Es necesario construir un deshidratador de madera o metal para concentrar el calor y mantener los alimentos libres del polvo, insectos y otros contaminantes (Ceballos y Jiménez, 2012).

Las desventajas de la deshidratación solar es que toma muchos días y esto puede ocasionar la oxidación de los azúcares presentes en las frutas y producir un color oscuro en el producto final (Soluciones Prácticas, s.f.).

#### **1.4.2- Deshidratado por medios eléctricos**

La deshidratación usando medios eléctricos es más rápida pero un poco más costosa debido al consumo de energía (Calderón, 2010). Esta puede realizarse usando hornos convencionales, colocando la fruta en capas delgadas en una bandeja a una temperatura de 160°F por 30 min (Ceballos y Jiménez, 2012).

También puede usarse un deshidratador, a una temperatura de 145°F por un período de 6 a 8 horas dependiendo del contenido de agua del producto que se va a deshidratar (Soluciones Prácticas, s.f.).

#### **1.4.3- Deshidratado mecánico**

Para este secado se utiliza combustible ya sea directa o indirectamente

**Directo:** El alimento se va a deshidratar por efecto de los gases que se forman quemando el combustible (Calderón, 2010).

**Indirecto:** El combustible calienta el aire que luego se va a utilizar para deshidratar el producto (Ceballos y Jiménez, 2012).

## **1.5- Mecanismos de transferencia de calor**

### **1.5.1- Conducción**

La conducción se considera como la transferencia de energía de las partículas más energéticas a las menos energéticas de una sustancia debido a las interacciones entre las mismas (Aguiar y Gómez, 2011). Es el mecanismo dominante en el interior de sólidos y está asociada a la vibración de las moléculas con distinta velocidad, que con el tiempo se uniformizará (Anónimo, s.f.).

### **1.5.2- Convección**

La convección es el mecanismo de transferencia de calor por movimiento de masa o circulación dentro de la sustancia (Anónimo, s.f.). Si existe una diferencia de temperatura en el interior de un líquido o un gas, es casi seguro que se producirá un movimiento del fluido (Aguiar y Gómez, 2011).

Puede ser natural producida solo por las diferencias de densidades de la materia; o forzada, cuando la materia es obligada a moverse de un lugar a otro (Anónimo, s.f.).

### **1.5.3- Radiación**

La radiación térmica es energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura dada, se produce directamente desde la fuente hacia afuera en todas las direcciones (Aguiar y Gómez, 2011). La energía del campo de radiación es transportada por ondas electromagnéticas que, como se sabe, no precisa ningún medio material para propagarse (a diferencia de la conducción y la convección) (Anónimo, s.f.).

## II- MATERIALES Y METODOS

### 2.1- Descripción de la empresa

La Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador (APRAINORES), es una organización no gubernamental de desarrollo humano cuyo origen se remonta a una iniciativa desarrollada por la Fundación para la Cooperación y el Desarrollo Comunal de El Salvador (CORDES) Región III, en alianza con las comunidades del Bajo Lempa y la cooperación de diversos organismos humanitarios internacionales; en 1994 logran organizarse y empiezan a procesar semilla de marañón, que es la actividad a la cual se dedican actualmente.

El suministro de materia prima (Pepa o anacardo) proviene de un bosque de 60 manzanas con siembra de árboles de marañón (*Anacardium occidentale*), en donde no se utilizan compuestos sintéticos de ninguna clase, solamente orgánicos, ubicado en la isla de Monte Cristo.

APRAINORES, logró la aprobación de sus estatutos en el Ministerio de Gobernación a partir del 25 de junio de 2002, quedando legalmente registrada como una asociación sin fines de lucro; funcionando como una institución dedicada al procesamiento y exportación de la nuez de marañón, conformada en la actualidad por 55 asociados, Administrados por una Junta Directiva constituida por 7 miembros y supervisada por una Junta de Vigilancia integrada por 3 miembros.

### 2.2- Situación Legal de la empresa

Nombre Jurídico: Asociación de Productores Agroindustriales Orgánicos de El Salvador (APRAINORES) (Asociación sin fines de Lucro)

NIT: 0614-050502-101-9

NRC: 142129-0

Actividad o Giro: (Procesamiento y comercialización de semilla de marañón) Venta de semilla de marañón.

Dirección: Cantón San Carlos Lempa, Municipio de Tecoluca, Departamento de San Vicente, República de El Salvador.

### **2.3- Forma de administración de la empresa**

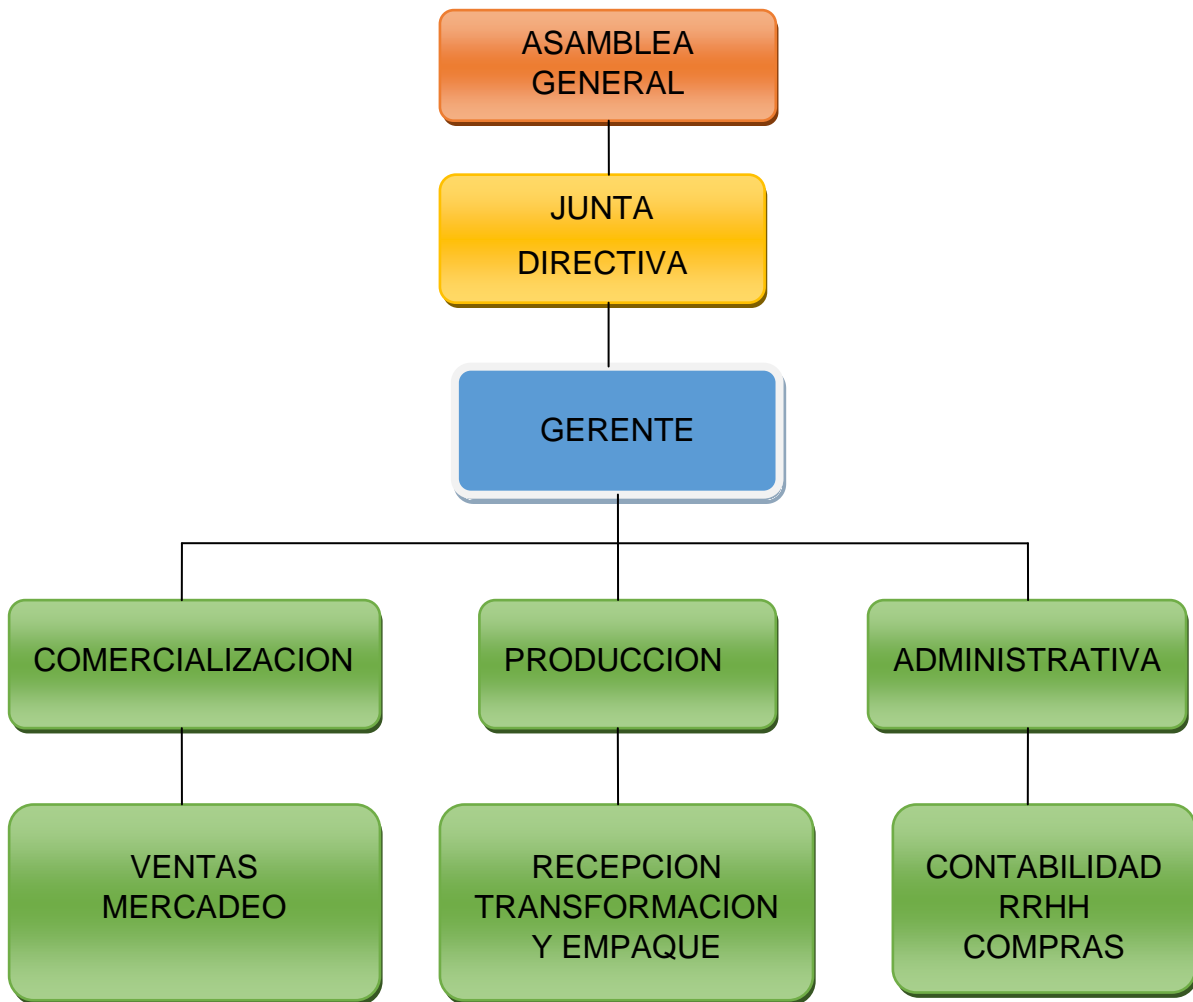
Según su Escritura de Constitución, los Órganos que tienen a su cargo el Gobierno y Administración, son por su orden jerárquico: la Junta General de Accionistas, la Junta Directiva, compuesta por un Representante Legal, que actualmente es el Señor Leopoldo Rafael Abrego.

La Asamblea General se celebra una vez al año, en el mes de febrero contando en la mayoría de las veces con quórum del 70% de sus miembros. La junta directiva es electa por la Asamblea General por un periodo de 3 años, pudiéndose reelegir solo un periodo más. La administración está a cargo de un Gerente General, quien es el que lleva control de las finanzas, la producción y la comercialización de los productos de la Asociación.

A continuación se presenta el organigrama de la Asociación, con el apoyo del cual pueden apreciarse las relaciones de autoridad entre los diferentes puestos, para su mejor funcionamiento. Como puede observarse, los puestos clave son los del Gerente General, Gerente de Producción, Gerente de Comercialización, Contador, así como la Asesoría Externa.



## Organigrama de la empresa



## 2.4- Macrolocalización

Este proyecto se realizará en la zona rural del municipio de Tecoluca Departamento de San Vicente, ubicado en la zona central de la república. Está limitado por los siguientes departamentos: al Norte, por Cabañas, al Este, por San Miguel y Usulután, al Sur por La Paz.

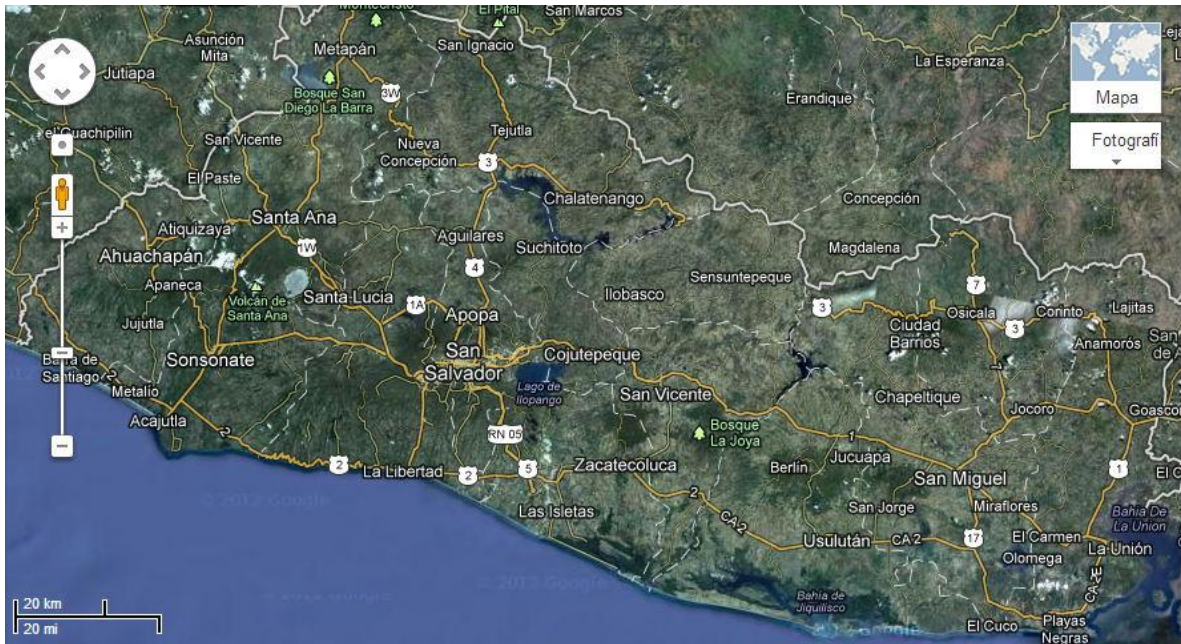


Imagen 8. Foto satelital de ubicación geográfica

## 2.5- Microlocalización

El terreno proyectado para la ejecución del proyecto son las instalaciones propiedad de APRAINORES. Específicamente será en el cantón San Carlos Lempa, el cual, cuenta con los servicios básicos necesarios, tanto para el funcionamiento de la planta procesadora, como para suplir las necesidades de los empleados, lo que permite un buen funcionamiento de los procesos productivos.

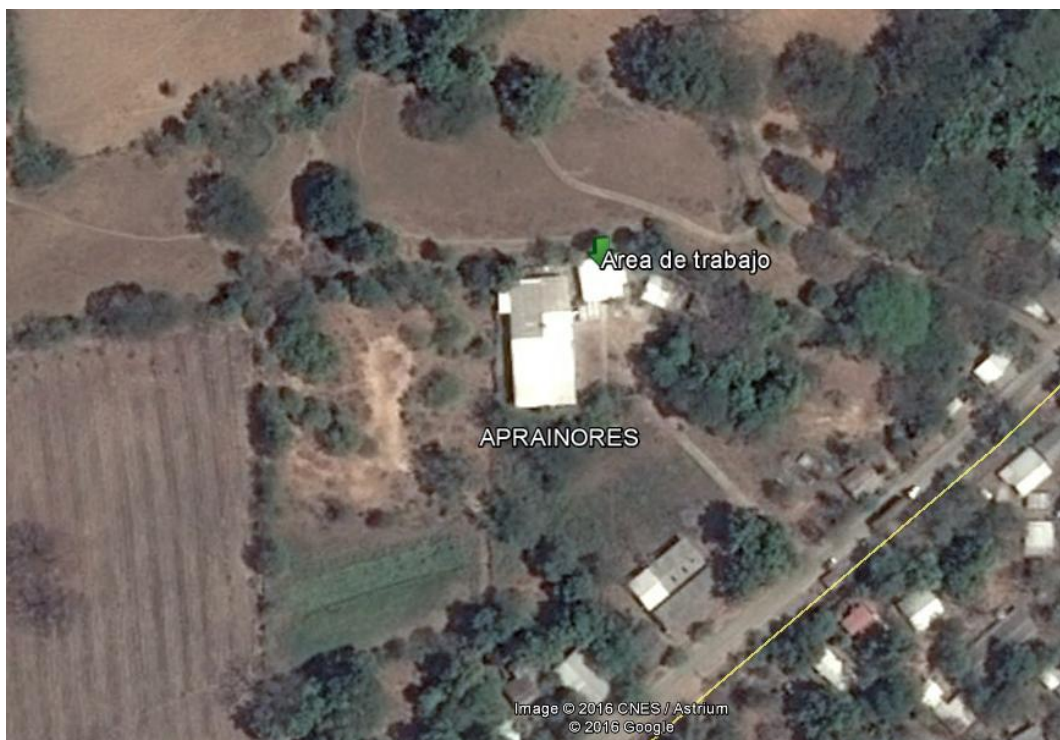


Imagen 9. Foto satelital de ubicación

## **2.6- Periodo de ejecución del proyecto de prácticas**

El periodo de prácticas profesionales comprendió cinco meses, abarcando los meses desde Septiembre de 2015 hasta Enero de 2016. Durante este periodo se realizó, primeramente un diagnóstico dentro de la planta para evaluar con que se contaba y lo que se necesitaba, para posteriormente, realizar las cotizaciones y presupuestos de los materiales necesarios para iniciar la ejecución del proyecto.

## **2.7- Métodos y recursos**

La necesidad que el gerente informó que tenía en la empresa era que se pusiera en marcha el funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, elaborado con anterioridad, para que con él se alimentaran tres deshidratadores de fruta presentes dentro de la planta. Aunque se utilizaba el deshidratador solar para deshidratar frutas, en época en las que la energía solar disminuye o es nula (época lluviosa, cielos nublados), el proceso del deshidratado de frutas se detiene, debido a eso, era necesario para la empresa APRAINORES poseer un método alternativo de generar aire caliente, para realizar dicho proceso.

Debido a esto, a la empresa, con anterioridad se les había ofrecido un diseño de un prototipo generador de aire caliente, pero éste no se había construido, luego este proyecto fue asignado a un colaborador de la universidad que estaba haciendo también su Ejercicio Profesional Supervisado en dicha empresa.

Este trabajo se llevó a cabo, es decir, se construyó el prototipo generador de aire caliente, y se hicieron las pruebas pertinentes que demostraron que este prototipo era eficiente y funcionaba para generar aire caliente a partir del uso de biomasa (cáscara de la semilla de marañón).

El proyecto se basó en el diseño y estructura propuesta por un ingeniero norteamericano, que anteriormente había visitado la empresa APRAINORES.

Como continuación del proyecto, se hizo un diagnóstico, y a través de entrevistas con el gerente, se determinó que la necesidad que tenía la empresa era darle continuidad al proyecto anterior, es decir que se pusiera en marcha el funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, permitiendo que éste alimentara los tres deshidratadores de frutas (gabinetes) presentes dentro de la planta.

### **III- PROYECTO PROBLEMA SOLUCION**

#### **Actividades**

#### **3.1- Presentación ante unidades receptoras donde se llevó a cabo el Ejercicio Profesional Supervisado y asignación de proyecto**

Se asistió a las instalaciones de la empresa APRAINORES, y se llevó a cabo una entrevista con el gerente de la empresa, el Lic. José Alexander Flores, para conocer alguna necesidad técnica que la empresa poseía, en la cual se pudiese llevar a cabo el Ejercicio Profesional Supervisado, materia que está dentro del pensum de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, para poner en práctica los conocimientos adquiridos en estos 4 años y medio de estudio.

Se hizo un diagnóstico, y a través de entrevistas con el gerente, se determinó que la necesidad que tenía la empresa era darle continuidad al proyecto anterior, es decir, que se pusiera en marcha el funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, elaborado con anterioridad, para que con él se alimentaran tres gabinetes de deshidratado de frutas presentes dentro de la planta.

#### **3.2- Medición de área de trabajo, ductos, deshidratadores y tanque del prototipo generador de aire caliente**

En la primera visita se hizo un diagnóstico del problema planteado, y se midió la distancia que existía entre el prototipo generador de aire caliente y la ubicación de los tres deshidratadores de frutas, que estaban dentro de la planta, la distancia que existía fue de 15.53 m.

Se tomaron mediciones del ducto que conecta el deshidratador solar con los gabinetes, a partir del cual APRAINORES inyecta el aire caliente para el deshidratado de frutas actualmente, el cual medía 5.30 m de largo. También se midió el tamaño de un ducto que no es utilizado, pero que está en la planta, el cual

medía 9.90 m y tenía un diámetro de 17 plg. (“), para tomarlo como una alternativa de conexión del prototipo con los deshidratadores.

Se midió también el área que tenían los deshidratadores de fruta que se utilizan en la planta, cada uno cuenta con las siguientes dimensiones: 1.42 m de largo x 1.5 m de ancho, resultando un área de 2.13 m<sup>2</sup> por gabinete, tomando en cuenta que existen tres gabinetes dentro de la planta, resultó un área total de 6.39 m<sup>2</sup>.

El área del tanque del prototipo generador de aire caliente fue de: por fuera, 0.59 m<sup>2</sup> (0.85 m x 0.69 m) y por dentro, 0.51 m<sup>2</sup> (0.64 m x 0.80 m).

### **3.3- Medición de área alternativa de trabajo y estimación de materiales**

Al hacer un análisis de la ubicación del prototipo, y tomando en cuenta que la planta de deshidratado posee un portón en la parte posterior, el cual tiene una menor distancia con la ubicación del prototipo, se realizó otra medición para conocer si esta alternativa era más viable que la primera, la distancia resultante fue de 12.43 m (por dentro).

Después se hizo una reunión con los asesores, para discutir posibles alternativas de los materiales a utilizar, para la conducción del aire, y se plantearon dos alternativas las cuales fueron las siguientes: opción A, ducto flexible para la conducción de aire caliente a temperaturas controladas; opción B, tubería de PVC, tomando en cuenta que se trataba de una prueba piloto, ya que la instalación no quedaría para uso permanente. Además se estimaron los materiales necesarios para hacer la conexión. Materiales: ductos, tubos PVC, codos para tubos PVC, inyector de aire, filtro para aire, pliego de lámina lisa galvanizada, termostato, cinchas.

### **3.4- Cotización de materiales**

Se cotizaron los materiales anteriormente mencionados, en distintos proveedores de materiales de tipo industrial: Almacenes Vidrí, Frio-Aire, Frio-Partes,

Distribuidora Granada S.A. de C.V. y MOVARIA, donde brindan productos de características industriales, para posteriormente evaluar, a través de la elaboración de presupuestos, cual opción (A o B) era la más eficiente y económica, al momento de hacer la conexión del prototipo generador de aire caliente con los deshidratadores.

### 3.5- Elaboración de presupuestos

Se elaboró un presupuesto para cada una de las opciones de conexión, tomando en cuenta los precios de los materiales cotizados en las empresas distribuidoras de materiales de tipo industrial, desglosando estos materiales en las opciones de ductos y tuberías (para este caso se elaboraron dos presupuestos, debido a que existían dos opciones de tubos PVC, 8 y 10 plg.).

Los presupuestos se detallan a continuación:

**Tabla 1. Cotización almacenes Vidrí**

<b>Almacenes Vidrí</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio total (\$)</b>
Tubo PVC 250 PSI 8 plg. ("	3	179.901	539.70
Codo PVC 8 plg (" 45° sin rosca	4	59.900	239.60
Tubo PVC 250 PSI 10 plg. ("	1	339.000	339.00
Codo PVC 10 plg (" 45°C sin rosca 160 PSI SCH 40	1	159.000	159.00
Lámina galvanizada lisa 2 x 1 YDA #24	1	13.000	13.00
Lámina hierro negro 2 x 1 m frio 3/64 plg (" 1.1 mm	1	18.750	18.75
Pegamento para PVC 950	1	29.200	29.20



ml ¼ galón Tangit 52033			
-------------------------	--	--	--

**Tabla 2. Costo total de Tubería PVC 8 plg.**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
Tubo PVC 250 PSI 8 plg. (")	3	179.901	539.70
Codo PVC 8 plg. (") 45° sin rosca	4	59.900	239.60
Pegamento para PVC 950 ml ¼ galón Tangit 52033	1	29.200	29.20
<b>Gran total</b>			<b>808.5</b>

**Tabla 3. Costo total de Tubería PVC 10 plg.**

<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
Tubo PVC 250 PSI 10 plg. (")	3	339.000	1017.00
Codo PVC 10 plg. (") 45°C sin rosca 160 PSI SCH 40	4	159.00	636.00
Pegamento para PVC 950 ml ¼ galón Tangit 52033	1	29.200	29.20

<b>Gran total</b>			<b>1682.20</b>

**Tabla 4. Cotización Frio-Aire**

<b>Frio Aire</b>			
<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario (\$)</b>	<b>Precio Total (\$)</b>
Termostato cuarto frio electrónico timer full gauge evolution_Peter698185	1	34.45	34.45
Ventilador de 1455CFM A 0.0 plg. (" SP ¼ HP 110V/220V_SQ-100-A	1	529.75	529.75
Filtro aire fibra 1x30 merv4 (<20%) pie sintético_HH30130	1	2.02	2.02
Ducto flexible bolsa 14 plg. (" X 25 pie owens Corning_daduc313240	1	42.58	42.58
Ducto flexible de fibra de vidrio	49.20 pie	1.04	51.17
<b>Total</b>			<b>608.8</b>

**Tabla 5. Presupuesto 1: Tubería de PVC 8 plg.**

<b>Material</b>	<b>Precio (\$)</b>
Tubería de 8 plg. ("	808.5
Filtro para aire 2 pie	4.57
Termostato	38.93
Inyector de aire	529.75
Lámina hierro negro 2x1 m de 1.1 mm	18.75

Imprevistos 5%	70.02
<b>Total</b>	<b>1470.52</b>

**Tabla 6. Presupuesto 2: Tubería de PVC 10 plg.**

<b>Material</b>	<b>Precio (\$)</b>
Tubería de 10 plg. (")	1682.20
Filtro para aire 2 pie	4.57
Termostato	38.93
Inyector de aire	529.75
Lámina hierro negro 2x1 m de 1.1 mm	18.75
Imprevistos 5%	113.71
<b>Total</b>	<b>2387.91</b>

**Tabla 7. Presupuesto 3: Ducto Flexible**

<b>Material</b>	<b>Precio (\$)</b>
Ducto flexible de fibra de vidrio 14 plg. (")	51.17
Filtro para aire 2 pie	4.57
Termostato	38.93
Inyector de aire	529.75
Lámina hierro negro 2x1 m de 1.1 mm	18.75
Alambre de amarre	1.65
Imprevistos 5%	32.24
<b>Total</b>	<b>677.06</b>

**Tabla 8. Presupuesto 4: Ducto Flexible existente**

<b>Material</b>	<b>Precio (\$)</b>
Ducto flexible existente	
Filtro para aire 2 pie	4.57

Ducto flexible de 16 plg. (")	3.41
Termostato	38.93
Tapón galvanizado de 1 plg. (") rosca macho	0.60
Inyector de aire	529.75
Lámina hierro negro 2x1 m de 1.1 mm	18.75
Alambre de amarre	1.65
Imprevistos 5%	29.88
<b>Total</b>	<b>627.54</b>

**Tabla 9. Presupuesto 5: Ducto Flexible existente**

<b>Material</b>	<b>Precio (\$)</b>
Ducto flexible existente	
Filtro para aire 2 pie	4.57
Lámina lisa galvanizada	
Termostato	38.93
Tapón galvanizado de 1 plg. (") rosca macho	0.60
Inyector de aire existente	
Alambre de amarre 3 lb	1.65
Cable eléctrico dúplex N°16, 8 m	3.02
Toma macho polarizado (2 unidades)	2.45
Cinta para ducto	2.00
Bomba centrífuga existente	
Radiador existente	
Imprevistos 5%	2.66
<b>Total</b>	<b>55.88</b>

### **3.5- Evaluación de opciones alternativas de conexión, elaboración de nuevos presupuestos y presentación de éstos al gerente de la empresa**

Se evaluaron dos opciones alternativas para realizar la conexión del prototipo generador de aire caliente con los deshidratadores, y se elaboraron los presupuestos de cada una de ellas. Las dos opciones tienen como material de conducción del aire caliente, ductos. El ducto que se estimó utilizar fue el que estaba presente en la planta de deshidratado de frutas. También en una de estas opciones se estimó el uso de un ventilador (inyector de aire) existente en la empresa de APRAINORES.

Finalmente, se presentaron los presupuestos al gerente de APRAINORES, para que los revisara, y evaluara cual era la mejor opción para realizar la conexión del prototipo generador de aire caliente con los deshidratadores.

### **3.6- Determinación del presupuesto más factible para la empresa**

Posterior a la revisión y evaluación de las opciones presentadas, el gerente optó financiar el monto económico considerado para la opción 5, es decir en la que se tomó en cuenta el ducto flexible y los inyectores de aire existentes en APRAINORES, los cuales no estaban siendo utilizados. El monto económico estimado para la ejecución del proyecto en esta opción fue de \$ 55.88.

### **3.7- Compra de materiales**

Teniendo el efectivo, se compraron los materiales estimados para la opción 5, es decir el filtro para aire, termostato, tapón galvanizado, alambre de amarre, cable eléctrico y tomas macho.

### **3.8- Pruebas de funcionamiento y programación del termostato**

Se compró un cable nº16 (Ver imagen 10), para hacer las pruebas del funcionamiento del termostato que se utilizó en la conexión, además de comprar un toma macho, el cual permitió conectar el termostato con una fuente de energía eléctrica.



Imagen 10

Se utilizó cable eléctrico dúplex, y éste se dividió en dos cables independientes, y cada uno de éstos se preparó (se adecuó el cable de éstos en ambos lados y se hizo un raspado para eliminar el esmalte que podía impedir el paso de energía) para realizar las conexiones necesarias, que permitieran hacer la prueba de funcionamiento y programación del termostato.

En el caso del primer cable, el alimentador de energía al termostato, se conectó directamente a éste, en los puertos 9 y 10 (para voltaje de 110), mientras que al otro extremo se le colocó un toma macho, para que de esta forma se pudiese conectar a una fuente de energía (Ver imagen 11). El segundo cable se dividió en dos líneas, una línea entró en el termostato en el puerto 15 y salió en el puerto 16 hacia el inyector de aire (un ventilador de uso doméstico), mientras que la otra línea partía de la fuente de energía directamente al inyector.



Imagen 11

Luego, se conectó el cable del sensor de temperatura al termostato en los puertos 1 y 2.

Posteriormente a la realización de las conexiones anteriormente mencionadas, se hizo la prueba de programación y funcionamiento del termostato (Ver imagen 12), el cual se programó a las temperaturas siguientes: mínima 30°C, a la cual según la programación se encendería el inyector y máxima 32°C, a la cual se apagaría el inyector. Éstas resultaron efectivas, demostrando que el termostato puede gobernar sobre el inyector, cuando en el sistema existen variaciones de temperaturas en los rangos específicos programados. El sistema utilizado para realizar las pruebas fue la temperatura corporal humana.



Imagen 12

Finalmente, se realizó el sellado de un orificio que poseía el tanque del prototipo generador de aire caliente con el tapón de rosca macho, para evitar que existieran escapes del aire caliente durante el funcionamiento del prototipo, y el proceso fuese más eficiente.

### **3.9- Incorporación de toma macho al cable destinado a la alimentación del inyector de aire, prueba de inyectores de aire industriales, cortado del filtro para aire, preparación de lámina lisa galvanizada, trabajo de alojamiento (estructura) para los inyectores de aire**

Se compró otro toma macho, el cual se incorporó al segundo cable, en la línea que partía de la fuente de energía directamente al inyector, para que al igual que el termostato, éste se pudiese conectar a una fuente de energía, que alimentara directamente al inyector de aire.

Posteriormente, se desinstalaron los inyectores de aire industriales que formaban parte del deshidratador solar utilizado en la empresa y se conectaron a los puertos 15 y 16 del termostato, para utilizarlos en una segunda prueba de funcionamiento y programación del termostato. La prueba resultó efectiva y, al igual que en la primera prueba (utilizando un ventilador de uso doméstico), se confirmó que el termostato puede gobernar también, sobre el inyector de aire industrial utilizado en el deshidratador solar (Ver imagen 13), y concluir que la estimación del uso de este material en la opción 5, fue la acertada.



Imagen 13

Después se utilizaron los inyectores de aire industrial, y se colocaron sobre el filtro para aire (ver imagen 14), y se realizó el corte de éste, tomando como base el



área que abarcaban los inyectores, dejando un grosor de margen adicional (se cortaron dos porciones de filtro para aire, una para cada inyector).



Imagen 14

Como siguiente actividad, al igual que con el filtro para aire, se utilizaron los dos inyectores de aire industrial, para dibujar el área del margen y diámetro del ventilador sobre una estructura de madera, y posteriormente con el uso de un taladro y un machete (debido a que no se contaba con otra herramienta) se cortó la parte del diámetro de ambos ventiladores, además de una cara de la estructura, también se pulieron los contornos de los cortes de la madera.

Posteriormente, se consideró el espacio que los inyectores de aire industriales ocupaban en la estructura de madera, para conocer la manera adecuada de su colocación y estimar los materiales necesarios para fijarlos en él: 8 tornillos de 1/8 de plg. (") de ancho x 1 plg. (") de largo con dos arandelas planas.

Luego de hacer la segunda prueba de funcionamiento y programación del termostato, cortar el filtro para aire y trabajar la estructura de madera destinada al alojamiento de los inyectores de aire industriales, se volvieron a instalar éstos en el deshidratador solar.

Finalmente, se preparó la lámina lisa galvanizada que se utilizó para unir los dos ductos flexibles (Ver imagen 15), dejando una medida de diámetro de 16 plg. (") a la lámina, la cual era 1 plg. (") inferior a la del ducto flexible existente 17 plg. (") en la empresa, para que parte de la lámina entrara en los ductos.



Imagen 15

### **3.10- Instalación de ducto**

Se prepararon 20 m de alambre de amarre, y luego este alambre se entorchó, para que éste tuviera una mayor fijación. Éste se colocó como un soporte en el rostro de la pared (en la parte superior) que está frente al prototipo, para colocar el ducto (el ducto utilizado fue el existente en la empresa).

Al ducto se le acomodaron 5 cinchas de lámina lisa (existentes) a un distanciamiento de 2.08 m entre cada una (ver imagen 16), para que con la ayuda de ellas y de los alambres que se les colocaron a éstas, el ducto se suspendiera en el alambre preparado anteriormente.



Imagen 16

**3.11- Instalación de ducto complementario, preparación de alojamiento (estructura) y fijado de inyectores de aire industriales a éste, cargado del tanque del prototipo generador de aire caliente, conexión de bomba centrífuga y radiador al prototipo, primera prueba de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, como alternativa de alimentación de deshidratadores (gabinetes) de frutas, utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón**

Como primera actividad, se desinstaló del deshidratador solar, el ducto que conectaba éste con los deshidratadores y se le acomodaron 3 cinchas de lámina lisa para posteriormente, dirigirlo y conectarlo al ducto que se había instalado la semana anterior. Para realizar la conexión de ambos ductos de manera eficiente, se utilizó la lámina preparada con anterioridad, colocando ésta en el espacio de unión entre los ductos (la lámina se colocó por dentro de ambos ductos) (ver imagen 17). Para culminar esta actividad se selló el espacio de unión de los ductos con cinta especial para ducto, además de utilizar esta cinta para tapar algunos daños que los ductos poseían.



Imagen 17

Posteriormente, se preparó el alojamiento (estructura) destinado para contener los inyectores de aire industriales; primero, incorporando en una de las caras laterales, un pedazo de fibra de cemento (material improvisado) para tapan un agujero que la madera poseía de diseño original (evitando de esta manera, que el aire generado por los inyectores disminuyera su eficiencia); después, se fijaron los dos inyectores de aire industriales al alojamiento (estructura); y finalmente, en la parte frontal de éste (lugar en el cual se extrae el aire) se le colocó el filtro para aire preparado (sin dejar espacio libre entre ambas porciones), pegando éste con cinta adhesiva, con este filtro se permitió evitar que el aire caliente que fuese transportado hacia los deshidratadores (gabinetes), tuviese alguna contaminación provocada por partículas físicas.

Luego, se cargó con agua el tanque del prototipo generador de aire caliente hasta sobrepasar el sensor del termómetro insertado en él.

Después, se conectaron al prototipo generador de aire caliente, la bomba centrífuga y el radiador (ver imagen 18). La bomba centrífuga (a la cual se le adaptó un tubo) se conectó en la válvula, y el radiador, se conectó a los extremos de entrada y salida del agua, que recircula en circuito cerrado dentro del tanque.



Imagen 18

Finalmente, se realizó la primera prueba de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, como alternativa de alimentación de deshidratadores (gabinetes) de frutas, utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón (ver imagen 19). Para esta actividad, se conectaron al termostato, los inyectores de aire industriales (como en la segunda prueba de funcionamiento y programación del termostato); el filtro de los inyectores de aire se colocó pegado al radiador, el sensor se colocó de manera estratégica en el interior del ducto (para detectar las temperaturas alcanzadas en el proceso) y parte del ducto se introdujo en el alojamiento (estructura) (para captar el aire caliente generado y transportarlo hacia los gabinetes).



Imagen 19



El termostato se programó a una temperatura de 47.1°C, temperatura a la cual se encenderían los inyectores.

Según la primera prueba, se establecieron los siguientes datos:

**Datos de la prueba:**

T° inicial del agua: 32°C

T° final del agua (máxima alcanzada): 72°C

T° programada termostato, encendido de los inyectores: 47.1°C

T° encendido de los inyectores: 48.1°C

T° apagado de los inyectores: 47.1°C

T° máxima alcanzada del aire caliente (ducto): 55°C

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón): 16 paladas equivalentes en peso a 20 lb

Inicio de prueba (t): 2:00 p.m.

Encendido de los inyectores (t): 3:10 p.m.

Duración de prueba (t): 1 hora, 10 minutos

**Notas primera prueba de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente:**

- Durante el proceso existió una pérdida de 17°C, en relación a la temperatura marcada por el agua (en este caso 72°C) y la temperatura marcada por el aire caliente que ingresa en el ducto (55°C) hacia los gabinetes.
- En 1 hora, 10 minutos se alcanzaron temperaturas de 55°C en el ducto
- 20 lb de biomasa (cáscara de la semilla de marañón) permitieron alcanzar una temperatura de 55°C (aire caliente) en el ducto.
- El termostato, presentó un margen de error de 1°C (la programación de T° encendido fue a 47.1°C y los inyectores de aire se encendieron a 48.1°C) es decir, existió un retraso.

- No se conocieron las temperaturas alcanzadas en los deshidratadores (gabinetes), debido a que éstos no fueron conectados durante la prueba, es decir no se pudieron determinar las temperaturas al interior de los gabinetes, ni relacionarlas con las registradas por el agua y el ducto.

### **3.12- Segunda prueba de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, como alternativa de alimentación de deshidratadores (gabinetes) de frutas, utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón**

Se realizó una segunda prueba de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, como alternativa de alimentación de deshidratadores (gabinetes) de frutas, utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón. La conexión y colocación de los equipos fue igual a la primera prueba.

En esta prueba, se programó el termostato (en estado para calefacción), a una temperatura de encendido de los inyectores de aire de 45°C y una temperatura de apagado de éstos de 55°C, con una histéresis de 10°C.

A diferencia de la primera prueba, en ésta se lograron determinar las temperaturas alcanzadas por los gabinetes.

Según la prueba nº 2, se establecieron los siguientes datos:

#### **Datos de prueba nº 2:**

Tº ambiente (marca termostato): 27.7°C

Tº inicial del agua: 28°C

Tº final del agua: 60°C – 70°C

Tº encendido de los inyectores: 45°C

Tº apagado de los inyectores: 55°C

Tº máxima alcanzada del aire caliente (ducto): 45°C – 55°C

Tº final, gabinete nº 1: 46°C

Tº final, gabinete nº 2: 45°C

T° final, gabinete nº 3: 42°C

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón): 26 paladas equivalentes en peso a 32 lb

Inicio de prueba (t): 9:00 a.m.

Puesta en marcha bomba centrífuga (t): 9:23 a.m.

Encendido de los inyectores (t): 10:07 a.m.

Final de prueba (t): 12:30 p.m.

Duración de prueba (t): 3 horas, 30 minutos

### **Notas prueba nº 2, funcionamiento del prototipo generador de aire caliente:**

- Durante el proceso existieron pérdidas de 15°C, en relación a los puntos medios de los rangos de temperatura marcados por el agua del tanque ( $60 + 70 / 2 = 65^{\circ}\text{C}$ ) y la temperatura marcada por el aire caliente que ingresa en el ducto ( $45 + 55 / 2 = 50^{\circ}\text{C}$ ) hacia los gabinetes.
- 32 lb de biomasa (cáscara de la semilla de marañón) permitieron alcanzar temperaturas de 45°C – 55°C (aire caliente) en el ducto.
- Las temperaturas finales alcanzadas dentro de los deshidratadores (gabinetes) durante la prueba fueron (en intervalos): 42°C – 46°C ( $42 + 46 / 2 = 44^{\circ}\text{C}$ ).
- Relacionando la temperatura marcada por el aire caliente que ingresa en el ducto hacia los gabinetes, es decir 50°C, y la temperatura marcada dentro de los gabinetes 44°C, se concluye que se pierden hasta 6°C (aproximadamente) de la temperatura del aire caliente, en el paso que éste hace dentro del ducto (el cual mide 15.20 m).
- Si se relaciona la temperatura alcanzada por el agua del tanque, es decir 65°C, y la temperatura marcada dentro de los gabinetes 44°C, se concluye que se pierden hasta 21°C (aproximadamente) de temperatura, en el proceso de transformación del agua hasta convertirse en aire caliente, y el trayecto que éste hace dentro del ducto hasta la alimentación de los deshidratadores (gabinetes).



### **3.13- Primera prueba de deshidratado de frutas, utilizando el prototipo generador de aire caliente**

Se realizó la primera prueba de deshidratado de frutas, utilizando el prototipo generador de aire caliente, el cual fue alimentado con biomasa (cáscara de la semilla de marañón).

En esta primera prueba, solo se utilizó un deshidratador (gabinete) de frutas. El gabinete en el que se deshidrataron las frutas fue el primero, es decir el conectado directamente al ducto.

Se hicieron las conexiones y colocación de equipos pertinentes, para realizar la alimentación del gabinete, y por tanto, la prueba del deshidratado de frutas. Se programó el termostato (en estado para calefacción) a una temperatura de encendido de los inyectores de aire de 55°C y una temperatura de apagado de éstos de 65°C, es decir con una histéresis de 10°C.

Para poner en marcha el prototipo, se hizo el pesado de la biomasa, después se colocaron 4 paladas iniciales equivalentes en peso a 5 lb, de ésta, finalmente se encendió la cámara de combustión. Se alimentó ésta de manera constante (con 1 o 2 paladas) hasta alcanzar las temperaturas y los tiempos necesarios, que permitieron deshidratar las frutas.

Luego, se lavaron los materiales utilizados en la prueba de deshidratado de frutas: cuchillos, tablas para cortar y mesas.

Posteriormente, se realizó el pesado, lavado y cortado de las frutas que se utilizaron en la prueba, luego éstas se colocaron y acomodaron en las bandejas, para finalmente introducirlas en el deshidratador (gabinete), cuando éste alcanzó la temperatura de 40°C.

Finalmente, se esperó el tiempo necesario, hasta que las frutas se deshidrataron eficientemente.

Según la primera prueba de deshidratado de frutas, se establecieron los siguientes datos:

**Datos primera prueba:**

T° inicial del agua: 28°C

T° final del agua: 65°C – 75°C

T° del agua inicio deshidratado de frutas: 65°C

T° encendido de los inyectores: 55°C

T° apagado de los inyectores: 65°C

T° máxima alcanzada del aire caliente (ducto): 51°C – 61.2°C

T° aire caliente (ducto) inicio deshidratado de frutas: 51°C

T° gabinete: 40°C – 54°C

T° gabinete en el momento de introducción de bandejas: 40°C

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón): 62 paladas equivalentes en peso a 77 lb

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón)/alimentación: 2 paladas equivalentes en peso a 2.5 lb

Cantidad de papaya (*Carica papaya*): 9.48 lb (peso total, pero solo se utilizó la mitad 4.74 lb)

Cantidad de plátano (*Musa paradisiaca*): 4.17 lb

Cantidad de guineo (*Musa sapientum*): 3.51 lb

Inicio de prueba (t): 9:08 a.m.

Introducción de bandejas al gabinete (t): 10:39 a.m.

Intervalo de alimentación del prototipo (t): 9 min.

Final de prueba (t): 3:30 p.m.

Deshidratado de frutas (t): 4 horas, 51 minutos

Duración prueba (t): 6 horas, 22 minutos

**Tabla 10. Datos registrados durante la prueba de deshidratado de frutas (desde la introducción de las bandejas al gabinete)**

<b>Medición</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>T° tanque</b>	<b>T° ducto</b>	<b>T° gabinete</b>
1	10: 30 a.m.	65°C	51°C	40°C
2	11: 00 a.m.	70°C	56°C	42°C
3	11:30 a.m.	74°C	59.5°C	48°C
4	12:00 p.m.	72°C	59.8°C	50°C
5	1:00 p.m.	74°C	59.8°C	53°C
6	2:00 p.m.	75°C	60.0°C	52°C
7	3:00 p.m.	74°C	61.2°C	54°C
<b>Promedio</b>	-	<b>72°C</b>	<b>58.2°C</b>	<b>48.43°C</b>

**Notas primera prueba de deshidratado de frutas, utilizando el prototipo generador de aire caliente**

- En esta prueba de deshidratado de frutas, solamente se alimentó un deshidratador (gabinete) de frutas.
- La papaya utilizada en la prueba era muy grande, razón por la cual se decidió utilizar solamente la mitad de esta fruta.
- Durante el proceso existieron pérdidas de 13.8°C, en relación a los promedios de las temperaturas marcadas por el agua del tanque (72°C) y los promedios de las temperaturas marcadas por el aire caliente que ingresa en el ducto (58.2°C) hacia los gabinetes.
- 77 lb de biomasa (cáscara de la semilla de marañón) permitieron alcanzar temperaturas promedio de 58.2°C (aire caliente) en el ducto.
- Las temperaturas finales (promedio) alcanzadas dentro del deshidratador (gabinete) utilizado durante la prueba fueron de 48.43°C.
- Relacionando la temperatura marcada por el aire caliente que ingresa en el ducto hacia los gabinetes, es decir 58.2°C, y la temperatura marcada dentro del gabinete 48.43°C, se concluye que se pierden hasta 9.77°C

(aproximadamente) de la temperatura del aire caliente, en el paso que éste hace dentro del ducto.

- Si se relaciona la temperatura alcanzada por el agua del tanque, es decir 72°C, y la temperatura marcada dentro del gabinete 48.43°C, se concluye que se pierden hasta 23.57°C (aproximadamente) de temperatura, en el proceso de transformación del agua hasta convertirse en aire caliente, y el trayecto que éste hace dentro del ducto hasta la alimentación de los deshidratadores (gabinetes).
- La alimentación de la cámara de combustión del prototipo, se hizo de manera constante, utilizando 2 paladas equivalentes en peso a 2.5 lb de biomasa por cada una (cada alimentación) y por un intervalo de tiempo de 9 minutos (tiempo estimado en que el fuego comienza a apagarse).
- Las frutas presentaron un buen estado de deshidratación, aunque no fue el óptimo, debido a que éstas requerían mayor tiempo de este proceso, pero éste se interrumpió, por motivos de tiempo.

### **3.14- Segunda prueba de deshidratado de frutas, utilizando el prototipo generador de aire caliente**

Se realizó una segunda prueba de deshidratado de frutas, utilizando el prototipo generador de aire caliente, el cual fue alimentado con biomasa (cáscara de la semilla de marañón). En esta prueba, también se introdujeron nueces de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*) a los deshidratadores (gabinetes), para determinar si el aire caliente generado por el prototipo, alcanzaba las temperaturas ideales, que permitieran realizar un mejor tostado de ésta y facilitar así, el proceso de despeliculado de la nuez.

En esta prueba se utilizaron dos deshidratadores (gabinetes) de frutas. Los gabinetes utilizados fueron el primero y el segundo, es decir el que está conectado directamente al ducto y el que está contiguo a éste.

Las conexiones y colocación de los equipos, fueron las mismas de la primera prueba de deshidratado de frutas. Se programó el termostato (en estado para calefacción) a una temperatura de encendido de los inyectores de aire de 60°C y una temperatura de apagado de éstos de 70°C, es decir con una histéresis de 10°C. Se puso en marcha el prototipo generador de aire caliente, de la misma manera que en la prueba anterior.

Después, se hizo la limpieza y desinfección de la zona de la planta de deshidratado de frutas en que se procesó. También, se lavaron y desinfectaron los materiales utilizados en la prueba: cuchillos, tablas para cortar y mesas.

Posteriormente, se realizó el pesado, lavado, desinfectado y cortado de las frutas que se utilizaron en la prueba, luego éstas y las nueces de semilla de marañón, se colocaron y acomodaron en las bandejas, para finalmente introducirlas en los deshidratadores (gabinetes), cuando éstos alcanzaron temperaturas de 35°C.

Finalmente, se esperó el tiempo necesario, hasta que las frutas se deshidrataron eficientemente y el proceso de tostado de la nuez de marañón concluyera.

Según la prueba nº2 de deshidratado de frutas, se establecieron los siguientes datos:

**Datos de prueba nº 2:**

Tº inicial del agua: 30°C

Tº final del agua: 67°C – 87°C

Tº del agua inicio deshidratado de frutas: 86°C

T° encendido de los inyectores: 60°C

T° apagado de los inyectores: 70°C

T° máxima alcanzada del aire caliente (ducto): 52°C – 64.8°C

T° aire caliente (ducto) inicio deshidratado de frutas: 61.9°C

T° gabinete 1: 30°C – 53.9°C

T° gabinete 2: 35°C – 54.8°C

T° gabinete 1 en el momento de introducción de bandejas con nueces de semilla de marañón: 30°C

T° gabinete 2 en el momento de introducción de bandejas con nueces de semilla de marañón: 33°C

T° gabinete 1 en el momento de introducción de bandejas con frutas: 41.8°C

T° gabinete 2 en el momento de introducción de bandejas con frutas: 42.4°C

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón): 76 paladas equivalentes en peso a 95 lb

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón)/alimentación: 2 paladas equivalentes en peso a 2.5 lb

Cantidad de nueces de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*): 14 bandejas

Cantidad de frutas: 3 bandejas

Inicio de prueba (t): 9:00 a.m.

Introducción de bandejas con nueces de semilla de marañón gabinete 1 (t): 9:45 a.m.

Introducción de bandejas con nueces de semilla de marañón gabinete 2 (t): 9:55 a.m.

Introducción de bandejas con frutas a los gabinetes (t): 10:45 a.m.

Intervalo de alimentación del prototipo (t): 9 min.

Final de prueba (t): 3:15 p.m.

Tostado de nuez de semilla de marañón (t): 5 horas, 30 minutos

Deshidratado de frutas (t): 4 horas, 30 minutos

Duración prueba (t): 6 horas, 15 minutos

**Tabla 11. Datos registrados durante la prueba nº 2 de deshidratado de frutas  
(desde la introducción de las bandejas a los gabinetes)**

<b>Medición</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>T° tanque</b>	<b>T° ducto</b>	<b>T° gabinete 1</b>	<b>T° gabinete 2</b>
1	9:45 a.m.	67°C	52°C	30°C	35°C
2	10:15 a.m.	71°C	53°C	33°C	39.6°C
3	10:45 a.m.	77°C	56.5°C	35.5°C	40.0°C
4	11:15 a.m.	80.5°C	59.1°C	39.1°C	40.7°C
5	11:45 a.m.	85°C	62.4°C	42.4°C	43.9°C
6	12:15 p.m.	86.2°C	62.8°C	42.2°C	45.0°C
7	12:45 p.m.	86°C	62.9°C	44.3°C	46.4°C
8	1:15 p.m.	87°C	64°C	48.2°C	48.4°C
9	1:45 p.m.	87°C	64.4°C	48°C	53.2°C
10	2:15 p.m.	86.2°C	63.8°C	52.3°C	54.4°C
11	2:45 p.m.	87°C	64.8°C	53.8°C	54.5°C
12	3:15 p.m.	86°C	64.1°C	53.9°C	54.8°C
<b>Promedio</b>	-	<b>82.2°C</b>	<b>60.82°C</b>	<b>43.56°C</b>	<b>46.3°C</b>

## Notas prueba nº 2 de deshidratado de frutas, utilizando el prototipo generador de aire caliente

- En esta prueba de deshidratado de frutas y tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*), se alimentaron dos gabinetes.
- Las frutas utilizadas en la prueba de deshidratado fueron: plátano (*Musa paradisiaca*), papaya (*Carica papaya*) y piña (*Ananas comosus*).
- Durante el proceso, existieron pérdidas de 21.38°C, en relación a los promedios de las temperaturas marcadas por el agua del tanque (82.2°C) y los promedios de las temperaturas marcadas por el aire caliente que ingresa en el ducto (60.82°C) hacia los gabinetes.
- 95 lb de biomasa (cáscara de la semilla de marañón) permitieron alcanzar temperaturas promedio de 60.82°C (aire caliente) en el ducto.
- Las temperaturas finales (promedio) alcanzadas dentro de los dos deshidratadores (gabinetes) utilizados en la prueba fueron de: 43.56°C, en el gabinete 1 y 46.3°C, en el gabinete 2.
- Relacionando la temperatura marcada por el aire caliente que ingresa en el ducto hacia los gabinetes, es decir 60.82°C, y la temperatura marcada dentro de los gabinetes 43.56°C y 46.3°C, se concluye que se pierden hasta 17.26°C en el gabinete 1 y 14.52°C en el gabinete 2 (aproximadamente) de la temperatura del aire caliente en el paso que éste hace dentro del ducto.
- Si se relaciona la temperatura alcanzada por el agua del tanque, es decir 82.2°C, y las temperaturas alcanzadas dentro del gabinete 1, 43.56°C y del gabinete 2, 46.3°C, se concluye que se pierden hasta 38.64°C y 35.9°C (aproximadamente) respectivamente, en el proceso de transformación del agua hasta convertirse en aire caliente, y el trayecto que éste hace dentro del ducto hasta la alimentación de los deshidratadores (gabinetes).
- Si se relacionan las temperaturas alcanzadas dentro de ambos gabinetes (43.56°C y 46.3°C), se concluye que existe un aumento de temperatura de 2.74°C en el aire caliente que ingresa en el gabinete 2 con respecto al aire caliente que ingresa en el gabinete 1. Esta diferencia de temperatura se pudo haber originado porque en el proceso, se mezclaron dos tipos



diferentes de frutas; frutas secas, como la nuez de marañón y frutas carnosas como el plátano, papaya y piña. Estas últimas poseen mayor cantidad de agua interna, que puede hacer que la temperatura disminuya (dentro de los gabinetes), por el ambiente húmedo generado en el proceso de deshidratado. Además, de pequeñas fugas existentes en los gabinetes.

- Las frutas presentaron un buen estado de deshidratación, y las nueces de semilla de marañón, también presentaron un buen estado de tostado, el cual facilitó el despelucado de ésta.

### **Concentraciones soluciones cloradas utilizadas en la prueba**

**Fórmula:**  $C_1V_1 = C_2V_2$

$V_1$  = volumen desinfectante a utilizar

$V_2$  = volumen de agua a utilizar

$C_1$  = concentración de Cl

$C_2$  = concentración a utilizar

### **Concentración para desinfección de planta y materiales**

**Nota:** la concentración de Cloro (Cl) utilizada fue del 5%, porcentaje contenido en la lejía (hipoclorito de sodio). Resultando, al aplicar la regla de tres, un valor  $C_1$  de:

1% = 10000 ppm

5% = X

$X = (5\%) \times (10000 \text{ ppm}) / (1\%)$

X = 50000 ppm

#### **Despeje de fórmula**

$$V_1 = C_2 \times V_2 / C_1$$

$$V_1 = (20 \text{ ppm}) \times (2000 \text{ ml}) / 50000 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0.80 \text{ ml}$$

Preparación de 20 ppm

$V_1 = ?$

$V_2 = 2000 \text{ ml}$

$C_1 = 50000 \text{ ppm (5\%)}$

$C_2 = 20 \text{ ppm}$

### Concentración para desinfección de frutas

Preparación de 5 ppm

$V_1 = ?$

$V_2 = 5000 \text{ ml}$

$C_1 = 50000 \text{ ppm (5\%)}$

$C_2 = 5 \text{ ppm}$

#### Despeje de fórmula

$$V_1 = C_2 \times V_2 / C_1$$

$$V_1 = (5 \text{ ppm}) \times (5000 \text{ ml}) / 50000 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0.5 \text{ ml}$$

### 3.15- Prueba tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*)

Se realizó una segunda prueba de tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*) con pergamino, dentro de los gabinetes, utilizando el prototipo generador de aire caliente, alimentado con biomasa (cáscara de la semilla de marañón). Se utilizaron los mismos dos gabinetes de la prueba anterior.

Las conexiones y la colocación de los equipos fueron las mismas de las pruebas anteriores. Se programó el termostato (en estado para calefacción) a una temperatura de encendido de los inyectores de aire de 60°C y una temperatura de apagado de éstos de 70°C, es decir con una histéresis de 10°C. Se puso en

marcha el prototipo generador de aire caliente, utilizando inicialmente 22 paladas de cáscara equivalentes en peso a 27.5 lb.

Finalmente, se introdujeron las nueces de semilla de marañón a los gabinetes (Ver imagen 20), y se esperó el tiempo necesario hasta que el proceso de tostado de éstas concluyera.



Imagen 20

Según la prueba nº 2 tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*), se establecieron los siguientes datos:

**Datos prueba nº 2 tostado de nuez:**

Tº ambiente (termostato): 28°C

Tº inicial del agua: 28°C

Tº final del agua: 60°C – 91°C

Tº del agua inicio de tostado nuez: 60°C

T° encendido de los inyectores: 60°C

T° apagado de los inyectores: 70°C

T° máxima alcanzada del aire caliente (ducto): 40°C – 67.7°C

T° aire caliente (ducto) inicio de tostado nuez: 40.0°C

T° gabinete 1: 30°C – 57.3°C

T° gabinete 2: 30°C – 57.2°C

T° gabinete 1, inicio de tostado de nuez: 30°C

T° gabinete 2, inicio de tostado de nuez: 30°C

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón): 109 paladas equivalentes en peso a 136.5 lb

Cantidad de biomasa (cáscara de la semilla de marañón)/alimentación: 2 paladas equivalentes en peso a 2.5 lb

Cantidad de nueces de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*): 30 bandejas

Inicio de prueba (t): 7:15 a.m.

Introducción de bandejas con nueces de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*) gabinete 1 (t): 8:10 a.m.

Introducción de bandejas con nueces de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*) gabinete 2 (t): 8:10 a.m.

Puesta en marcha bomba centrífuga (t): 8:15 a.m.

Encendido de los inyectores (t): 8:15 a.m.

Intervalo de alimentación del prototipo (t): 9 min.

Final de prueba (t): 3:50 p.m.

Tostado de nuez de semilla de marañón (t): 7 horas, 40 minutos.

Duración de prueba (t): 8 horas, 35 minutos.

**Tabla 12. Datos registrados durante la prueba nº 2 tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*) (desde la introducción de las bandejas a los gabinetes)**

<b>Medición</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>T° tanque</b>	<b>T° ducto</b>	<b>T° gabinete 1</b>	<b>T° gabinete 2</b>
1	8:15 a.m.	60°C	40°C	30°C	30°C
2	8:45 a.m.	84°C	57.7°C	38.7°C	39°C
3	9:15 a.m.	88°C	60.4°C	42.7°C	42.1°C
4	9:45 a.m.	90°C	61.3°C	46.4°C	44.7°C
5	10:15 a.m.	88°C	61.8°C	47.9°C	49.7°C
6	10:45 a.m.	90°C	65.8°C	50.1°C	51.2°C
7	11:15 a.m.	90°C	67.7°C	52.3°C	53.6°C
8	11:45 a.m.	90°C	67.6°C	53.8°C	54.7°C
9	12:15 p.m.	88°C	66.2°C	54°C	55.4°C
10	12:45 p.m.	86°C	66.4°C	55.5°C	55.4°C
11	1:15 p.m.	89°C	67.4°C	55.3°C	56.7°C
12	1:45 p.m.	86°C	65.7°C	56.7°C	57.2°C
13	2:15 p.m.	89°C	65.7°C	57.2°C	56.4°C
14	2:45 p.m.	91°C	66.2°C	57.3°C	57°C
15	3:15 p.m.	84°C	62.7°C	56.5°C	56.7°C
16	3:45 p.m.	83°C	61.7°C	56.1°C	56.5°C
<b>Promedio</b>	-	<b>86°C</b>	<b>62.8°C</b>	<b>50.6°C</b>	<b>51°C</b>

**Notas prueba nº 2 tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*), utilizando el prototipo generador de aire caliente**

- En esta prueba de tostado de nuez de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*), se alimentaron dos gabinetes.

- Durante el proceso, existieron pérdidas de 23.2°C, en relación a los promedios de las temperaturas marcadas por el agua del tanque (86°C) y los promedios de las temperaturas marcadas por el aire caliente que ingresa en el ducto (62.8°C) hacia los gabinetes.
- Se utilizaron 136.5 lb de biomasa (cáscara de la semilla de marañón) durante el tiempo de prueba, para mantener temperaturas promedio de 62.8°C (aire caliente) en el ducto.
- Las temperaturas finales (promedio) alcanzadas dentro de los dos deshidratadores (gabinetes) utilizados en la prueba fueron de: 50.6°C, en el gabinete 1 y 51°C, en el gabinete 2.
- Relacionando la temperatura marcada por el aire caliente que ingresa en el ducto hacia los gabinetes, es decir 62.8°C, y la temperatura marcada dentro de los gabinetes, 50.6°C y 51°C, se concluye que se pierden hasta 12.2°C en el gabinete 1 y 11.8°C en el gabinete 2 (aproximadamente), de la temperatura del aire caliente en el paso que éste hace dentro del ducto.
- Si se relaciona la temperatura alcanzada por el agua del tanque, es decir 86°C, y las temperaturas alcanzadas dentro del gabinete 1, 50.6°C y del gabinete 2, 51°C, se concluye que se pierden hasta 35.4°C y 35°C (aproximadamente) respectivamente, en el proceso de transformación del agua hasta convertirse en aire caliente y el trayecto que éste hace dentro del ducto hasta la alimentación de los deshidratadores (gabinetes).
- Si se relacionan las temperaturas alcanzadas dentro de ambos gabinetes (50.6°C y 51°C), se concluye que existe, un escaso aumento de temperatura de 0.4°C, en el aire caliente que ingresa en el gabinete 2 con respecto al aire caliente que ingresa en el gabinete 1.
- Las nueces de semilla de marañón (*Anacardium occidentale*), presentaron un buen estado de tostado, el cual facilitó el despelucado de ésta.

**Tabla 13. Datos registrados durante las pruebas de funcionamiento del prototipo generador de aire caliente, como alternativa de alimentación de tres deshidratadores (gabinetes) de frutas, utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón**

<b>Prueba</b>	<b>Tiempo (h)</b>	<b>Cantidad de biomasa</b>	<b>T° tanque</b>	<b>T° ducto</b>	<b>T° gabinete 1</b>	<b>T° gabinete 2</b>	<b>T° gabinete 3</b>
1	1 hora, 10 minutos	20 lb	72°C	55°C	-	-	-
2	3 horas, 30 minutos	32 lb	65°C	50°C	46°C	45°C	42°C
3	6 horas, 22 minutos	77 lb	72°C	58.2°C	48.43°C	-	-
4	6 horas, 15 minutos	95 lb	82.2°C	60.82°C	43.56°C	46.3°C	-
5	8 horas, 35 minutos	136.5 lb	86°C	62.8°C	50.6°C	51°C	-

#### IV- CONCLUSIONES

1. El desarrollo de este prototipo generador de aire caliente, utilizando como combustible la cáscara de la semilla de marañón, es una alternativa real para suplir el déficit del deshidratador solar, el cual es más acentuado durante la época lluviosa, donde la utilización del prototipo permite que el proceso de deshidratado de frutas sea constante.
2. El sistema permite deshidratar además de frutas, otro tipo de alimentos como pescados, mariscos, carnes, hierbas aromáticas, hierbas medicinales, etc.
3. Con este sistema se logra el aprovechamiento de un subproducto resultante del procesamiento de la semilla de marañón (cáscara).
4. La bomba centrífuga utilizada en el proceso permite recircular agua caliente hasta 90°C (como máximo), lo cual reduce la eficiencia.
5. El sistema operando tal y como está actualmente, requiere de un operario de planta durante todo su funcionamiento.
6. El aprovechamiento del poder calórico de la cáscara o combustible está siendo limitado, porque la bomba centrífuga no permite recircular agua a mayor temperatura.
7. El prototipo generador de aire caliente cumple con las expectativas requeridas para el deshidratado de frutas.
8. El prototipo generador de aire caliente, puede alimentar el banco o almacén de energía térmica del sistema de deshidratado solar existente, permitiendo un incremento en la energía almacenada.



9. En el interior de los gabinetes (1 y 2) cargados a media capacidad, se logró una temperatura de 57°C (como máximo).

## V- RECOMENDACIONES

1. El sistema podría ser más eficiente, si se aislaran el tanque y los ductos, además de sellar las fisuras o puntos de escapes en los gabinetes.
2. Gestionar un sistema fotovoltaico eficiente para generar energía eléctrica y disminuir los costos producidos en la conexión de los inyectores de aire, termostato controlador y bomba centrífuga, para el sistema generador de calor.
3. Instalar un filtro para humos en la salida de la chimenea para reducir los efectos de contaminación del aire.
4. Se asegura que el sistema puede funcionar más eficientemente, utilizando una bomba centrífuga con tolerancia de temperaturas máximas a 100°C.
5. Ubicar el prototipo generador de aire caliente, más cerca de los gabinetes, de esta manera, se reducen las pérdidas de temperaturas del aire caliente, durante el transporte, desde su generación hasta los gabinetes.
6. Utilizar gas licuado o un biodigestor para alimentar el prototipo eficientemente (evitando que exista un operario alimentando con biomasa el prototipo de forma constante), colocando un quemador y controlando la flama con un termostato controlador, programado a las temperaturas adecuadas.
7. Instalar un techo sobre el prototipo, de tal forma que lo proteja y al mismo tiempo, proteja al operario, máxime durante condiciones climáticas adversas.

## VI- LITERATURA CONSULTADA

Aguiar y Gómez, 2011. Ampliación de física en la Ingeniería. Tema 7: Fundamentos de transferencia de calor. Introducción a los mecanismos de transferencia. Málaga, España. Consultado: 14/01/2016. Disponible en línea:

[http://ocw.uma.es/ingenierias/ampliacion-de-fisica/archivos/Tema%208.%20Apuntes Transferencia de calor.pdf](http://ocw.uma.es/ingenierias/ampliacion-de-fisica/archivos/Tema%208.%20Apuntes%20Transferencia%20de%20calor.pdf)

Anónimo, s.f. Capítulo 14. Mecanismos de transferencia de calor. Concepción, Chile. Consultado: 12/01/2016. Disponible en línea:

<http://old.dgeo.udec.cl/~juaninzunza/docencia/fisica/cap14.pdf>

Anónimo, s.f. Capítulo 4. Ventiladores. Consultado: 29/10/2015. Disponible en línea:

[http://www.fi.uba.ar/archivos/posgrados\\_apuntes\\_CAPITULO\\_VENTILADORES.pdf](http://www.fi.uba.ar/archivos/posgrados_apuntes_CAPITULO_VENTILADORES.pdf)

Barbera, s.f. Teoría de las bombas. Bomba centrífuga. Brandizzo, Italia. Consultado: 08/01/2016. Disponible en línea:

<http://www.savino barbera.com/espanol/teoria.html>

Calderón, 2010. Deshidratación de alimentos. La Libertad, El Salvador. Consultado: 10/01/2016. Disponible en línea:

<http://centa.gob.sv/upload/laboratorios/alimentos/BROCHURE%20DESHIDRATADOS.pdf>

Ceballos y Jiménez, 2012. Cambios en las propiedades de frutas y verduras durante la deshidratación con aire caliente y su susceptibilidad al deterioro microbiano. Pág. 99-101. Puebla, México. Consultado: 11012016. Disponible en línea:

[http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Ceballos-Ortiz-et-al-2012.pdf](http://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Ceballos-Ortiz-et-al-2012.pdf)

Célleri, 2008. Diseño y construcción de un generador de aire caliente con residuos de palma africana. Pág. 7. Tesis de grado presentada como requisito para la obtención del título de Ingeniero Químico. Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador. Consultado: 07122015. Disponible en línea:

<http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/867/1/88723.pdf>

Colocho et al., 2011. Manual básico de sistemas de aire acondicionado y extracción mecánica de uso común en arquitectura. Elementos complementarios para aire acondicionado. Ductos. Tipos de ductos. Ducto flexible. Pág. 94. La Libertad, El Salvador. Consultado: 10012016. Disponible en línea:

<http://webquery.ujmd.edu.sv/siab/bvirtual/BIBLIOTECA%20VIRTUAL/TESIS/06/ARQ/ADTESCM0001340.pdf>

Espare, s.f. Termostato. España. Consultado: 29102015. Disponible en línea:

<http://espare.es/WebRoot/StoreES2/Shops/ea8800/MediaGallery/Manuales/TERMOSTATO.pdf>

Formación Profesional (FP), s.f. Técnico en montaje y mantenimiento de instalaciones de frío, climatización y producción de calor. Los termostatos. Pág. 6-8. Principado de Asturias, España. Consultado: 30112015. Disponible en línea:

<http://www.electronicasi.com/wp-content/uploads/2013/06/M%C3%A1quinas-y-equipos-frigor%C3%ADficos-Termostatos.pdf>

Heinz, 2005. Manual de la técnica del automóvil. Filtración de aire. Pág. 525. Alemania. 4º edición. Consultado: 16012016. Disponible en línea:

<https://books.google.com.sv/books?id=lvDitKKI1SAC&pg=PA525&lpg=PA525&dq=filtro+para+aire+de+fibra&source=bl&ots=FfRcRNz41M&sig=paQ1RTOOP9vVHQh7hnxAoz92vNA&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwje-6KeobbKAhXLHh4KHV2YDuA4ChDoAQguMAQ#v=onepage&q=filtro%20para%20aire%20de%20fibra&f=false>

Hernández, 2011. Diseño y evaluación de un generador de vapor de baja potencia. Pág. 3-13. Tesis profesional requisito parcial para obtener el título de Ingeniero mecánico Agrícola. Universidad Autónoma Chapingo. México D.F., México. Consultado: 07122015. Disponible en línea:

<http://dima.chapingo.mx/contenido/tesis2011/tesisJGuadalupeHer.pdf>

Jaramillo, 2007. Intercambiadores de calor. Aplicaciones de los intercambiadores de calor. Pág. 24. México D.F., México. Consultado: 28112015. Disponible en línea:

<http://www.cie.unam.mx/~ojs/pub/HeatExchanger/Intercambiadores.pdf>

Proyectos Globales de Ventilación (PGV), 2011. Ventiladores industriales helicoidales. Valencia, Venezuela. Consultado: 16012016. Disponible en línea: <http://www.industriaspvg.com/helicoidales.php>

QuimiNet, 2008. Las bombas centrifugas. México D.F., México. Consultado: 08012016. Disponible en línea:

<http://www.quiminet.com/articulos/las-bombas-centrifugas-26776.htm>

Soluciones Prácticas, s.f. Ficha técnica. Deshidratado de frutas. Lima, Perú. Consultado: 11012016. Disponible en línea:

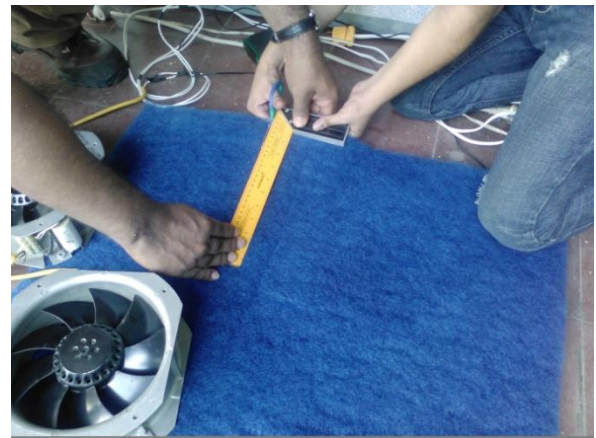
<file:///D:/Mis%20Documentos/Downloads/Deshidratado+de+frutas.pdf>

Universidad Don Bosco, s.f. Manual de laboratorios. Motores de combustión interna I. Sistema de enfriamiento del motor. San Salvador, El Salvador. Consultado: 28112015. Disponible en línea:

<http://www.udb.edu.sv/udb/archivo/guia/mecanica-ingenieria/motores-de-combustion-interna/2012/i/guia-7.pdf>

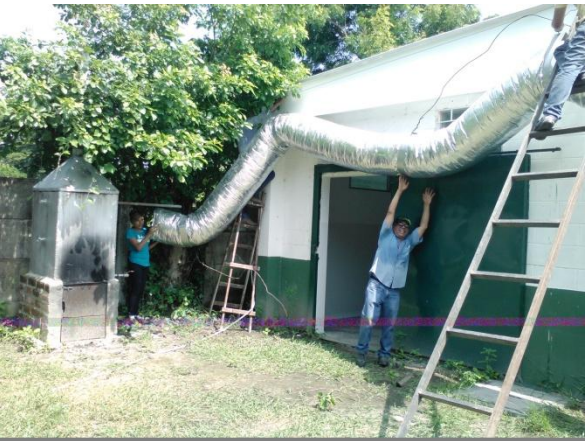
## VII- ANEXOS

### Anexo 1. Preparación de alojamiento para inyectores





## Anexo 2. Instalación de ductería





### Anexo 3. Instalación de bomba centrífuga





#### Anexo 4. Alimentación del prototipo





## Anexo 5. Verificación de funcionamiento





## Anexo 6. Preparación de la fruta para el deshidratado





## Anexo 7. Producto terminado deshidratado



### **Anexo 8.** Tiempos de deshidratado de diversas frutas

La temperatura normal de deshidratación es de 57°C

<b>Frutas</b>	<b>Tiempos de deshidratación (h)</b>
Manzanas	4 – 8
Albaricoques	8 – 4
Plátanos	6 – 10
Moras	10 – 16
Cerezas	18 – 24
Uvas	10 – 24
Mandarinas	6 – 13
Naranjas	6 – 10
Duraznos	6 – 13
Peras	6 – 13
Piñas	6 – 10
Ciruelas	8 – 14
Melón	8 – 18
Papaya	14 – 18

Fuente: [http://www.nesco.com/files/pdf/espanol\\_fd50\\_manual\\_30002501\\_r1.pdf](http://www.nesco.com/files/pdf/espanol_fd50_manual_30002501_r1.pdf)