



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA
Organismo Público Descentralizado del Gobierno de Puebla



INGENIERÍA MECATRÓNICA
Trabajo Práctico como requisito parcial para obtener el título de Ingeniero en Mecatrónica

Caracterización de diferentes frutos con un deshidratador solar

Presenta:
Marco Antonio González Saucedo

Asesor en la universidad:
Dr. José Pedro Sánchez Santana

Asesor en la empresa:
Dr. Rafael Rojas Rodríguez

Juan C. Bonilla, Puebla a 03 de Diciembre de 2018.

**DIRECCIÓN DEL PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA
MECATRÓNICA****ACTA DE EXAMEN**

En el Municipio Juan C. Bonilla, Puebla a 07 de Diciembre del año 2018 siendo las 13:15 horas, se reunieron en el aula 03-206 de esta Universidad, los integrantes del jurado:

Presidente: DR. MARCO ANTONIO CANCHOLA CHÁVEZ

Secretario: DR. OBED CORTÉS ABURTO

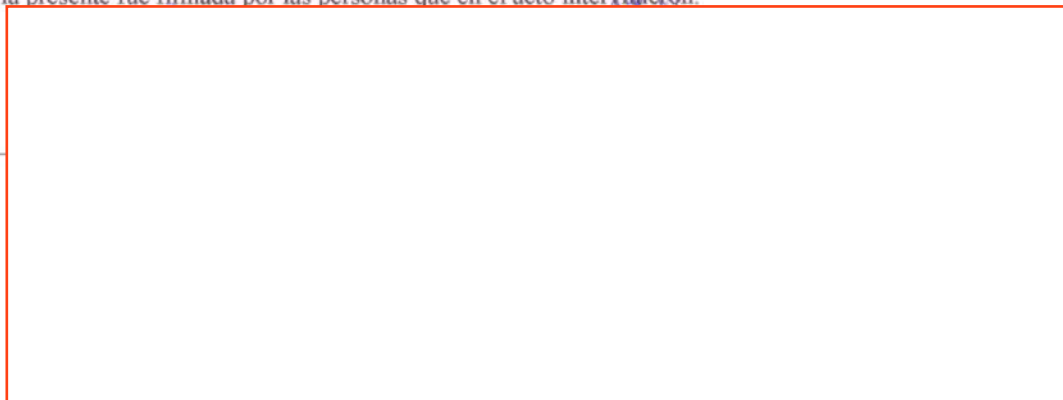
Vocal: DR. JOSÉ PEDRO SÁNCHEZ SANTANA

Y de acuerdo a las disposiciones reglamentarias en vigor se procedió a efectuar el examen que para obtener el título de Ingeniero(a) Mecatrónico(a) presenta el/la C. MARCO ANTONIO GONZÁLEZ SAUCEDO con matrícula número 191400133.

Tomando en cuenta el contenido del trabajo cuyo título es: CARACTERIZACIÓN DE DIVERSOS FAUTOS CON UN DESHIDRATADOR SOLAR

que fue dirigido por DR. OBED CORTÉS ABURTO y codirigido por DR. RAFAEL ROTAS RODRÍGUEZ, una vez concluida la presentación oral se decidió que fuera: APROBADO.

El/La presidente del jurado hizo saber al sustentante el resultado obtenido, el código de ética y le tomó la protesta de ley; dándose por terminado el acto a las 13:55 horas y una vez leída y aprobada la presente fue firmada por las personas que en el acto intervinieron.





SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
GOBIERNO DE PUEBLA



SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



Carta de Presentación/Aceptación para Realizar Estancia/Estadía

Juan C. Bonilla, Puebla a 25 de Septiembre de 2018

Dr. Rafael Rojas Rodríguez
Profesor de Tiempo Completo del
PE de Ingeniería Mecatrónica UPPue
Presente:

Los estudiantes de la Universidad Politécnica de Puebla, como parte de su formación académica y profesional, deben realizar de manera obligatoria su Estadía dentro de una empresa o institución relacionada con algún área de especialización de sus estudios respectivos, con la intención de adquirir pertinencia y experiencia laboral en cada ciclo formativo.

Estas actividades se desarrollarán durante un cuatrimestre, que comprende **600 horas de trabajo**, distribuidas de acuerdo al convenio al que se llegue con la empresa.

Es importante destacar que los estudiantes tienen la obligación de mantener la confidencialidad de la información derivada de la Estadía, y además, durante el desarrollo de ésta, no generarán relación laboral alguna con la Unidad Productiva o Social, ya que ellos cuentan con seguro social facultativo que les cubre la atención médica.

Agradecemos las facilidades brindadas al estudiante:

Nombre: **Marco Antonio González Saucedo**
Número de matrícula: **131400133**
Programa académico: **Ingeniería en Mecatrónica**
Actividades a desarrollar: **Estadía en Mecatrónica**
Duración: **600 Hrs.**
Fecha de inicio: **26 de Septiembre de 2018** Fecha de término: **10 de Diciembre de 2018**
Asesor por parte de la Unidad Productiva o Social: **Dr. Rafael Rojas Rodríguez**
Asesor por parte de la Universidad: **José Pedro Sánchez Santana**

De conformidad, las partes se comprometen a cumplir con lo mencionado anteriormente.

Por la Universidad	Por la Unidad Productiva o	Estudiante
[Empty space for signatures]		



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA
"Generamos Ciencia y Tecnología"
Tercer Carril del Ejido Serrano S/N, San Mateo Cuanalá,
Mpio. Juan C. Bonilla, Puebla, México
C.P. 72640 Tels: (222) 774 66 40 al 46



Certificada en ISO 9001:2015 Evaluada en el Nivel 1 por CIEES
Certificada en NMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y no Discriminación



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA
 Organismo Público Descentralizado del Estado de Puebla
**ENCUESTA DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN
 DEL EMPLEADOR Y LIBERACIÓN DE ESTANCIA/ESTADIA.**

Nombre de la Empresa:	Universidad Politécnica de Puebla			Fecha:	18/10/2018
Tamaño de la Empresa:	Micro(1-10)		Pequeña(11-50)		
	Mediana (51-250)	X	Grande (Más de 251)		
Sector de la Empresa:	Público	X	Privado		
Nombre del Evaluador:	Dr. Rafael Rojas Rodríguez				
Teléfono del Evaluador:	2223043172		E-mail:	rafael.rojas@uppuebla.edu.mx	
Nombre del Estudiante:	Marco Antonio González Saucedo				
Programa Académico:	Mecatrónica		Área asignada:	Proyectos	
	Estancia 1		Estancia 2	Estadía	X
	Seguimiento	X	Evaluación		

Favor de evaluar el nivel de satisfacción de 1 a 5, de acuerdo al desempeño del estudiante, con base en la siguiente escala de valores:

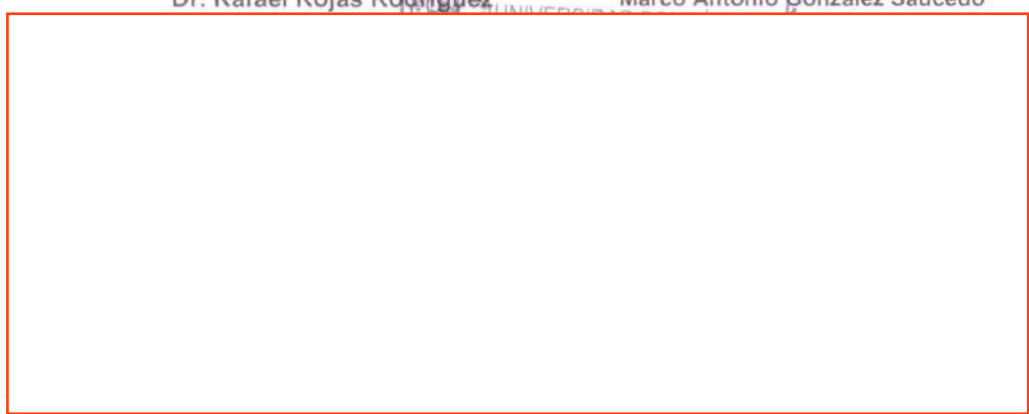
**1 Insatisfecho = 0%, 2 Poco satisfecho 25%, 3 Regular satisfacción 50%,
 4 Buena satisfacción 75%, 5 Muy satisfecho 100%**

1	¿Aplica razonamiento lógico y analítico?	5
2	¿Es puntual y asiste?	5
3	¿Asume responsabilidades?	5
4	Domina alguna lengua extranjera?	4
5	¿Es hábil para relacionarse?	5
6	¿Su presentación personal es adecuada?	5
7	¿Desarrolla habilidad para trabajar en equipo?	4
8	¿Muestra habilidad de dirección y liderazgo?	4
9	¿Se interesa por la búsqueda de información pertinente y actualizada?	5
10	¿Manifiesta disposición para aprender constantemente?	5
11	¿Adquirió competencias durante el proyecto asignado?	5
	Total	52

¿Considera liberada la estancia/estadía del estudiante por su desempeño? Sí ___ No X

¿Qué aspectos sugiere usted, para lograr una adecuada pertinencia con su empresa?

Evaluador: Dr. Rafael Rojas Rodríguez Realizó la Estadía: Marco Antonio González Saucedo





UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA

Organismo Público Descentralizado del Estado de Puebla

ENCUESTA DE SEGUIMIENTO, EVALUACIÓN DE SATISFACCIÓN DEL EMPLEADOR Y LIBERACIÓN DE ESTANCIA/ESTADIA.

Nombre de la Empresa:	Universidad Politécnica de Puebla			Fecha:	03/12/2018
Tamaño de la Empresa:	Micro(1-10)		Pequeña(11-50)		
	Mediana (51-250)	X	Grande (Más de 251)		
Sector de la Empresa:	Público	X	Privado		
Nombre del Evaluador:	Dr. Rafael Rojas Rodríguez				
Teléfono del Evaluador:	2223043172		E-mail:	rafael.rojas@uppuebla.edu.mx	
Nombre del Estudiante:	Marco Antonio González Saucedo				
Programa Académico:	Mecánica		Área asignada:	Proyectos	
	Estancia 1		Estancia 2	Estadía	X
	Seguimiento		Evaluación	X	

Favor de evaluar el nivel de satisfacción de 1 a 5, de acuerdo al desempeño del estudiante, con base en la siguiente escala de valores:

1 Insatisfecho = 0%, 2 Poco satisfecho 25%, 3 Regular satisfacción 50%,
4 Buena satisfacción 75%, 5 Muy satisfecho 100%

1	¿Aplica razonamiento lógico y analítico?	<input type="text" value="3"/>
2	¿Es puntual y asiste?	<input type="text" value="5"/>
3	¿Asume responsabilidades?	<input type="text" value="5"/>
4	Domina alguna lengua extranjera?	<input type="text" value="5"/>
5	¿Es hábil para relacionarse?	<input type="text" value="5"/>
6	¿Su presentación personal es adecuada?	<input type="text" value="5"/>
7	¿Desarrolla habilidad para trabajar en equipo?	<input type="text" value="5"/>
8	¿Muestra habilidad de dirección y liderazgo?	<input type="text" value="5"/>
9	¿Se interesa por la búsqueda de información pertinente y actualizada?	<input type="text" value="5"/>
10	¿Manifiesta disposición para aprender constantemente?	<input type="text" value="5"/>
11	¿Adquirió competencias durante el proyecto asignado?	<input type="text" value="5"/>
	Total	<input type="text" value="55"/>

¿Considera liberada la estancia/estadía del estudiante por su desempeño? Sí No

¿Qué aspectos sugiere usted, para lograr una adecuada pertinencia con su empresa?

Evaluador:
Dr. Rafael Rojas Rodríguez

Realizó la Estadía:
Marco Antonio González Saucedo



SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
GOBIERNO DE PUEBLA



SEP
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



ACTA DE REVISIÓN DE DOCUMENTO DE ESTADÍA

En el Mpio. de Juan C. Bonilla, Puebla, a 29 de noviembre de 2018, se designó a los miembros de la Comisión Revisora de la Estadía por parte de la Academia de Profesores de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Puebla para examinar el documento del proyecto de Estadía intitulado:

Caracterización de diferentes frutos con un deshidratador solar

Presentado por el alumno:

Marco Antonio González Saucedo

con número de matrícula 131400133, aspirante al grado de

Licenciado en Ingeniería en Mecatrónica

Después de satisfacer los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes, los miembros de la Comisión manifestaron **APROBAR** el documento del proyecto de Estadía.

LA COMISIÓN REVISORA

Dr. José Pedro Sánchez Santana

Dr. Marco Antonio Canchola Chávez
Presidente

Dr. C

Dra.
Directora de Ingeniería Mecatrónica

Certificada en ISO 9001:2015 Evaluada en el Nivel 1 por CIEES
Certificada en NMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y no Discriminación

UPPue
Universidad Politécnica de Puebla

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA
"Generamos Ciencia y Tecnología"
Tercer Carril del Ejido Serrano S/N, San Mateo Cuanalá,
Mpio. Juan C. Bonilla, Puebla, México ·
C.P. 72640 Tels: (222) 774 66 40 al 46

UTP
COORDINACIÓN GENERAL DE UNIVERSIDADES
TECNOLÓGICAS y POLITÉCNICAS



SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA
GOBIERNO DE PUEBLA



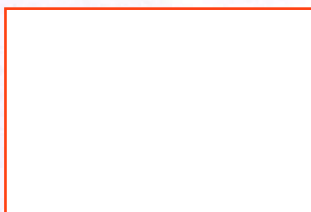
SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En el Mpio. de Juan C. Bonilla, Puebla, el día 5 de diciembre del 2018, el que suscribe Marco Antonio González Saucedo alumno del Programa Académico de Ingeniería Mecatrónica con número de matrícula 131400133, manifiesta que es autor intelectual del presente trabajo documental de Estadía bajo la dirección del Dr. José Pedro Sánchez Santana y cede los derechos del trabajo intitulado "Implementación y control de eje diferencial para su locomoción", a la Universidad Politécnica de Puebla para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección jose.sanchez@uppuebla.edu.mx Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Marco Antonio González Saucedo

Certificada en ISO 9001:2015 Evaluada en el Nivel 1 por CIEES Certificada en MMX-R-025-SCFI-2015 en Igualdad Laboral y no Discriminación

UPPue
Universidad Politécnica de Puebla

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE PUEBLA
"Generamos Ciencia y Tecnología"
Tercer Carril del Ejido Serrano S/N, San Mateo Cuanalá,
Mpio. Juan C. Bonilla, Puebla, México
C.P. 72640 Tels: (222) 774 66 40 al 46

UTP
COORDINACIÓN GENERAL DE UNIVERSIDADES
TECNOLÓGICAS Y POLITÉCNICAS

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Rafael Rojas Rodriguez y Dr. Obed Cortés Aburto por asesorarme en el proyecto además de poder estar trabajando en el taller que tiene en a su cargo y poder manipular el deshidratador Solar también de haberme proporcionado le microcontrolador y los sensores para el presente proyecto.

Agradezco a la Universidad Politécnica de Puebla por brindarme las instalaciones para poder realizar el proyecto dentro de ella al igual que al cuerpo académico de mecatrónica por brindarme las herramientas necesarias para mi formación profesional.

Contenido

1.1	Universidad Politécnica de Puebla	1
1.2	Antecedentes e introducción del Proceso	3
1.3	Definición de la problemática para desarrollar el proceso	5
1.4	Justificación	5
1.5	Objetivos	6
1.5.1	Objetivo general	6
1.5.2	Objetivos específicos	6
1.6	Cronograma de actividades	7
2.1	Desarrollo de Proyecto	8
2.1.1	Diagrama de bloques de proyecto	8
2.1.2	Acondicionamiento, lectura y colocación de sensores	9
2.1.3	Diagrama de Flujo	14
2.1.4	Función del Programa en MATLAB	18
2.1.5	Descripción de Deshidratador	21
2.2	Sistemas involucrados	23
2.2.1	Procesos de deshidratación	29
2.2.2	Primera Curva de secado	29
2.2.3	Segunda curva de secado	30
2.2.4	Factores que afectan el proceso de Deshidratación	31
2.2.5	Tiempo de deshidratación	31
2.3	Selección de Frutos	34
2.3.1	Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	34
2.3.2	Tejocote (<i>Crataegus mexicana</i>)	34
2.3.3	Caña (<i>Saccharum officinarum</i>)	35
2.3.4	Plátano	36
2.3.5	Uva chardonnay (<i>Vitis vinifera</i>)	36
3.1	Evidencias	38
3.1.1	Guayaba	39
3.2	Resultados	41
3.2.1	Guayaba	41
3.1	Conclusiones	43
	Referencias	44

ANEXO 1	45
ANEXO 2	47
ANEXO 3	50
ANEXO 4	52

Índice de Figuras

Figura 1 ubicación de la Universidad Politécnica de Puebla	1
Figura 2 Diagrama a Bloques del proyecto.....	8
Figura 3 sensor DHT22	9
Figura 4 Sensor DHT11	9
Figura 5 Acondicionamiento del sensor DHT11 y DHT22.....	10
Figura 6 Placa Arduino UNO	10
Figura 7 Lectura del sensor1 DHT22.....	11
Figura 8 Lectura del sensor 2 DHT 22.....	11
Figura 9 Lectura del sensor 3 DHT 22.....	12
Figura 10 Lectura del sensor 4 DHT 11 temperatura ambiente.....	12
Figura 11 Lectura de los 4 sensores	13
Figura 12 Deshidratador localización de sensor.....	13
Figura 13 Diagrama de Flujo parte 1	15
Figura 14 Diagrama de flujo parte 2.....	17
Figura 15 Deshidratador Solar.....	21
Figura 16 Sistema de Calefacción y ventilador.....	21
Figura 17 Malla de colocación de los Frutos	22
Figura 18 Sensores del Deshidratador	22
Figura 19 Curva de deshidratación de un alimento [Ibrahim Doymaz, Air-drying characteristics of tomatoes 2005]	29
Figura 20 diagrama de segunda curva de Deshidratación [Potter, La ciencia de los alimentos, 1978]	30
Figura 21 Guayaba.....	34
Figura 22 Tejocote.....	35
Figura 23 Caña de Azúcar	35
Figura 24 Plátano.....	36
Figura 25 Uva.....	37
Figura 26 color de la guayaba al inicio de la deshidratación.....	39
Figura 27 Deshidratación de guayaba con deshidratador.....	39
Figura 28 Color de la guayaba al inicio del método tradicional	39
Figura 29 Deshidratación de la guayaba método tradicional	39
Figura 30 color de la guayaba al inicio del proceso.....	40
Figura 31 Deshidratación de la guayaba con la resistencia de calor.....	40
Figura 32 guayaba día 1.....	40
Figura 33 guayaba día 2.....	40
Figura 34 guayaba día 4.....	40
Figura 35 guayaba día 6.....	40
Figura 36 Grafica de deshidratación de la guayaba con el deshidratador.....	41
Figura 37 Grafica del método Tradicional de deshidratación en la guayaba.....	42

Índice de Tablas

Tabla 1 Cronograma	7
Tabla 2 Guayaba (<i>Psidium guajava</i>)	34
Tabla 3 Tejocote (<i>Crataegus mexicana</i>)	35
Tabla 4 Caña (<i>Saccharum officinarum</i>)	35
Tabla 5 Plátano	36
Tabla 6 Uva chardonnay (<i>Vitis vinifera</i>)	36
Tabla 7 Métodos de deshidratación Guayaba	39
Tabla 8 comparación del tono de la guayaba	40
Tabla 9 Tabla de pérdida de Peso en la guayaba con el deshidratador	41
Tabla 10 Pérdida de peso de la guayaba en el método tradicional	42

Para cualquier institución de nivel superior es importante la misión y para la Universidad Politécnica de Puebla no es la excepción ya que como misión tiene el formar íntegramente profesionales competentes que atiendan necesidades de los sectores productivo y social, mediante el desarrollo tecnológico, la innovación y la investigación aplicada, promoviendo una cultura ambiental y de equidad de género. Su visión al 2030 es ser una Universidad acreditada nacional e internacionalmente por su modelo educativo, sus servicios y la calidad de sus egresados(as), en un marco de sustentabilidad, de respeto al medio ambiente y fomento a la equidad de género, que consolida permanentemente alianzas estratégicas con los sectores productivo y social como una institución seria cuenta con una política que menciona que La Universidad Politécnica de Puebla está comprometida a cumplir y mejorar continuamente la eficacia de su Sistema de Gestión de la Calidad, a través de establecer, revisar y evaluar periódicamente los objetivos de calidad, que están orientados a fortalecer el servicio educativo que brinda la Universidad, para formar integralmente profesionales competentes que atiendan necesidades de los sectores productivo y social. (Univeridad Politécnica de Puebla , 2013)

Al ser una institución en formación cuenta con 2 certificaciones: Sistema de Gestión de equidad de género: La Universidad Politécnica de Puebla está comprometida a defender los derechos humanos del personal, a través de medidas específicas para prevenir, atender y sancionar cualquier tipo de hostigamiento y discriminación generando un ambiente organizacional libre de violencia que favorezca la calidad de vida del mismo. Así como a promover mayores condiciones de igualdad de trato y de oportunidades entre hombres y mujeres tanto al interior como hacia los grupos de interés de la organización y el equilibrio entre la vida laboral con la vida personal y familiar. Y en el Sistema de Gestión de Calidad.

El Sistema de Gestión de la Calidad de la Universidad Politécnica de Puebla tiene como alcance los procesos estratégicos: Académico, Investigación y Desarrollo Tecnológico, Vinculación, Planeación y Control de la Calidad, Administrativo, mediante un modelo de educación basado en competencias en los programas educativos que oferta la UPPue. (Univeridad Politécnica de Puebla , 2013)

1.2 Antecedentes e introducción del Proceso

La deshidratación es una actividad que ha sido utilizada desde la antigüedad, en múltiples formas y métodos, siendo los secaderos al sol de los más comunes. Cuando se observó que, cuando el alimento requería mucho tiempo para deshidratarse, empezaba a descomponerse, para lo cual uso la sal como complemento al secado.

Los secaderos al sol son muy antiguos y son utilizados todavía en la actualidad por lo económico que representa deshidratar así; pero este método siempre estuvo sujeto a fuerzas externas que no se podían controlar; lo cual no producía un secado de calidad, al agua no podía ser removida a menos del 15% y eran susceptibles a la contaminación.

A fines del siglo XVIII se empiezan a desarrollar en EU, los secaderos artificiales que vienen a sustituir a los secadores solares. Así como muchos avances tecnológicos de la humanidad han sido promovidos por los conflictos bélicos, el secado se promovió de forma industrial con la necesidad de tener alimentos almacenados por más tiempo para las tropas en el frente; los británicos durante la guerra de Crimea produjeron verduras secas, los norteamericanos secaron repollos, zanahorias, apios, papas, maíz y nabos para la primera y segunda guerra mundial. En ciertos países también, el secado se realizó y realiza en hornos de ahumado. En una parrilla se coloca el alimento sobre un fuego suave. La acción del calor y el humo seca y preserva el alimento; aunque las cenizas pueden llegar a ser perjudiciales.

Actualmente el mercado de los alimentos deshidratados es vasto e incluye un sin número de alimentos y tecnologías de deshidratación.

La deshidratación consiste en la remoción del agua contenida en el alimento, hasta un valor en el cual los microorganismos no se proliferen y el alimento se conserve por más tiempo. El alimento deshidratado debe conservar todas o la mayoría de sus propiedades anteriores a la deshidratación. El secado y la deshidratación se usan como sinónimos frecuentemente, pero se define al secado de alimentos el removerle la humedad al 15-20% y la deshidratación removerla al 3-5%, aquí usaremos los términos indistintamente. Además de la conservación del alimento por mas tiempo, la deshidratación presenta diversas ventajas para su embalaje, transporte, y almacenamiento, ya que el producto deshidratado reduce su peso y volumen al habersele retirado el agua contenida. La deshidratación no es un proceso industrial simple, de hecho, la teoría que gobierna los procesos de deshidratación es compleja y muchas veces es preferible desarrollar los diseños en base a estudios experimentales en lugar de intentar desarrollar un diseño meramente teórico que estará sujeto a tantas variables y simplificaciones que sus resultados pueden no ser tan confiables en la realidad. El proceso debe asegurar que en el objetivo principal que es la remoción de agua, no se afecten las propiedades nutritivas y organolépticas del alimento.

Las tecnologías de deshidratación son variadas y el tipo de deshidratador adecuado va a estar en función de diversos parámetros como lo son, el tipo de alimento, su consistencia, su contenido de humedad, etc. La combinación de métodos, puede combinar las ventajas de uno u otro método haciendo mejor el proceso de deshidratación. El número de combinaciones posibles es vasto y está limitado por el avance de la tecnología. En muchos alimentos, se prefiere un proceso no térmico para deshidratarlos o una combinación de estos para reducir los costos, también se incluyen pre-tratamientos que mejoren la deshidratación. En la evaluación para el diseño de un proceso de

deshidratación, se deben definir los parámetros como la producción en kilogramos de producto, los contenidos de humedad iniciales y finales, temperatura de secado y propiedades del alimento. El proceso de deshidratación debe ser económicamente rentable y debe preservar o incrementar la calidad del alimento, se debe poner especial atención en la seguridad, calidad nutricional y propiedades organolépticas para que pueda ser un producto aceptado por el consumidor.

Los deshidratadores son los equipos o lugares en los cuales se van a deshidratar los alimentos y deben cubrir ciertas características:

- Resistentes a la corrosión.
- Limpiarse fácilmente y no contaminar el alimento.
- Construirse y repararse fácilmente
- De una operación segura para el trabajador.
- De una operación eficiente que haga económicamente factible el proceso.

Clasificación

Una primera clasificación muy general es en el modo de operación del secador, el cual puede ser:

- Continuo
- Discontinuo

En el secado continuo el producto a secar va entrando en una tasa de alimentación, es decir kg/h o kg /día y se tiene una gran producción, pero también un costo mas alto.

En los secadores discontinuos, se tiene un lote de alimento a secar, el cual se ingresa un tiempo determinado al secador, permitiendo un mayor control del producto, pero una menor producción.

Una segunda clasificación es en base a la energía térmica que ocupan para trabajar.

- Directo o por conducción
- Indirecto o por convección
- Por radiación.

1.3 Definición de la problemática para desarrollar el proceso

En la región en que se ubica la Universidad Politécnica de Puebla existe una gran diversidad de árboles frutales gracias a la fertilidad de la tierra así como el clima templado que permite el desarrollo de estos árboles frutales tales como: pera, guayaba, tejocote, limón, higos, manzana, ciruela, granada, por mencionar algunos, pero los productores locales no potencializan como se debería por diversas causas tales como el tiempo y cuidado al árbol como de su fruto observando este problema el cuerpo académico de ingeniería Mecatrónica de la Universidad Politécnica de Puebla realizó un deshidratador solar con el fin de estimular a los productores de la región a adentrarse dentro de las nuevas tendencias e innovación de la deshidratación de alimentos con el principal motivo de que la región explote los recursos naturales renovables con los que cuenta y poder aumentar el ingreso y la calidad de vida, pero una vez realizado el prototipo se tiene que realizar pruebas con estándares de calidad para poder colocar al mercado un producto sólido, basándose en el clima y frutos de la zona para su experimentación.

1.4 Justificación

En la actualidad el consumo de frutas deshidratadas es más constante y van en aumento en el mundo se cree que para el año 2020 se consuma más de 40 millones de toneladas al año esto lo asegura Global Industry Analysts (GIA), una de las firmas de investigación más reconocida en investigación de mercado.

El estudio realizado por GIA entre 2013 -2014 en España demuestra un aumento un 33% se proyecta que este año alcance más del 50%. El estudio realizado en 2014 muestra que Estados Unidos es el principal país que consume fruta deshidratada. Con estos datos se quiere demostrar que México al contar con gran territorio, clima y gran diversidad de frutos. Aprovechando la energía de sol y con los recursos ya mencionados se puede convertir en un gran exportador de frutas deshidratadas generando empleos y crecimiento económico en regiones de pobreza.

Pero a saber que el un proceso de deshidratación de manera tradicional llega a tardar entre 2 a 3 semanas dependiendo el fruto y el clima además de que este proceso al estar en un medio poco higiénico puede crear hongos en las frutas, así como la exposición a gases, polvos y bacterias que se encuentran en el ambiente hace que este proceso no sea muy acto ya que se trata de alimentos y es necesario cumplir con normas de sanidad e higiene al manipular alimentos.

Tras lo descrito el proceso de deshidratación se tiene que realizar con deshidratadores que permitan un proceso más óptimo y con menor tiempo por eso el principal propósito de este proyecto es demostrar que el proceso de deshidratación mediante un deshidratador es mejor en diversos factores tales como: higiene, rapidez, movilidad, adaptabilidad a distintos factores climatológicos y monitoreo de proceso.

Por eso tras de diferentes pruebas realizadas con deshidratador, método tradición y un deshidratador con una resistencia de calor y un sistema de ventilación que permita que el proceso sea más rápido y llegar a una temperatura deseada para poder deshidratar el fruto al finalizar estas pruebas y de acuerdo a datos de temperatura, tiempo y masas poder demostrar que es factible e uso de un deshidratador para la deshidratación de frutos.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Comparar y demostrar gráficamente que el proceso de deshidratación con un deshidratador solar es mucho más eficiente al reducir tiempo, permitir el monitoreo mediante sensores y el poder controlar la temperatura dentro del deshidratador mediante un sistema de ventilación y calefacción ente mediante una resistencia de calor.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Acondicionar y colocar sensores dht 11 y dht 22 en el deshidratador para monitorear a temperatura y humedad en el proceso de deshidratación.
2. Programar un microcontrolador para recibir datos arrojados por los sensores de humedad y temperatura.
3. Realizar un programa para evaluar, controlar y guardar los datos de temperatura y humedad en un archivo txt.
4. Evaluar los resultados gráficamente al comparar el proceso tradicional de deshidratación con un deshidratador y ver la factibilidad en los procesos.

1.6 Cronograma de actividades

Tabla 1 Cronograma

Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9
Acondicionamiento y Adquisición de datos	[Red bar]								
Guayaba		[Yellow bar]							
M. Tradicional		[Yellow bar]							
Deshidratador de referencia		[Yellow bar]							
M. Tradicional									
Caña			[Green bar]						
Deshidratador de referencia			[Green bar]						
M. Tradicional									
Plátano						[Brown bar]			
Deshidratador de referencia						[Brown bar]			
M. Tradicional									
Tejocote							[Light Blue bar]		
Deshidratador de referencia							[Light Blue bar]		
M. Tradicional									
Uva								[Purple bar]	
Deshidratador de referencia								[Purple bar]	
M. Tradicional									

Capítulo 2

2.1 Desarrollo de Proyecto

2.1.1 Diagrama de bloques de proyecto

Como todo proyecto tiene un proceso a seguir para cumplir una función o una tarea y no obstante estos proyectos tiemblen cuenta con uno y se explicara a continuación.

El deshidratador cuenta en la parte inferior de el con un sistema de ventilación y calefacción que consta de un ventilador y una resistencia de calor este con el fin de inyectar aire caliente para mantener a una temperatura contante dentro del deshidratador para optimizar el proceso de deshidratación de las legumbres o frutas.

Dentro del deshidratador se encuentran se encuentran 3 sensores DHT22 que permitirá el monitoreo y la lectura de la temperatura y humedad en las distintas zonas del deshidratador para un análisis completo sin embargo los sensores son unas de las piezas importantes dentro de este proceso ya que como se mencionó anteriormente en el diagrama de flujo ya que con ellos se logran que se cumplan las condiciones para saber cuándo activar y desactivar el sistema de calefacción y Ventilación estas condiciones dependen del tipo de fruto.

Para la adquisición y lectura de datos de los sensores es a través de una placa Arduino, esta nos permitirá la lectura además de poder programar las condiciones del sistema de aire y calor también nos permitirá una comunicación serial con la PC para poder guardar los datos obtenidos y poderlos monitorear tiempo después.

En el ordenador se podrá guardar y ver gráficamente gracias a Matlab que realizado un programa nos permitirá guardar en un archivo .txt los datos de humedad y temperatura de cada uno de los sensores, así como ver gráficamente como va cambiando la temperatura y humedad un lapso de tiempo.

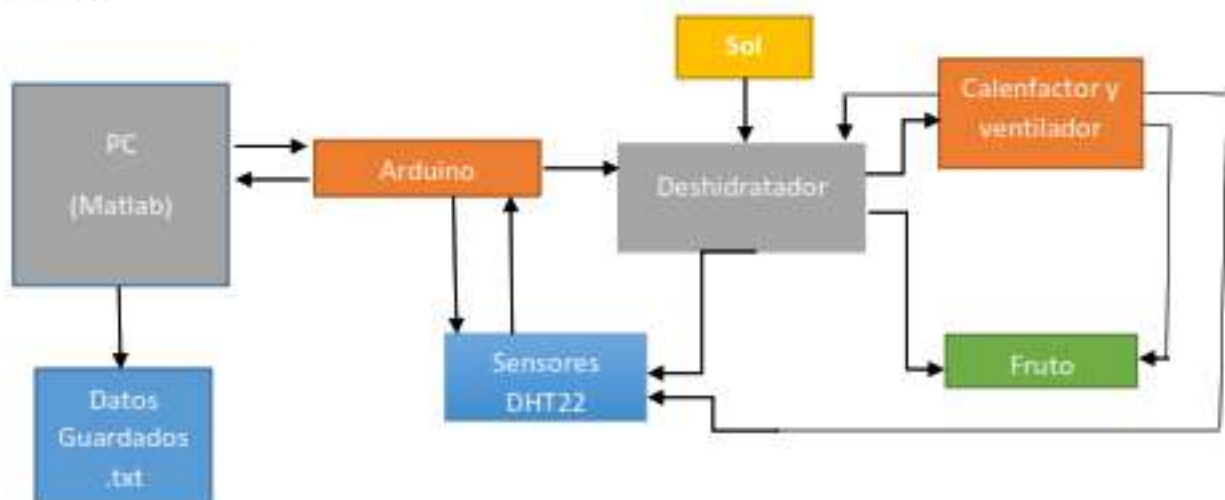


Figura 2 Diagrama o Bloques del proyecto

2.1.2 Acondicionamiento, lectura y colocación de sensores

En la selección de sensores para medir la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) y la humedad relativa (%) se buscó el tipo de sensor que proporcione la temperatura y a humedad relativa. En esa búsqueda se encontró el DHT 11 y DHT 22 con una mejor precisión y resolución el DHT 22 y con un rango de operación entre los 0%-100% de Humedad Relativa y un rango de operación de temperatura de -40°C a 80°C una resolución de 0.1 tanto en la temperatura como en la humedad relativa un error de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ en la temperatura y un $\pm 1\%$ en la humedad relativa. A continuación, se muestra el sensor DHT22 seccionado para la medición dentro del deshidratador Figura 3.



Figura 3 sensor DHT22

Como se tiene que comparar los procesos se tiene que tomar en cuenta la temperatura y la humedad relativa en el ambiente tanto para el deshidratador como para el proceso tradicional y ver como varia por ese motivo se colocó un sensor DHT11 que cuenta con menos precisión y rangos de operación, pero es el óptimo ya que no se necesita de un gran rango de trabajo ya que va estar sensando la temperatura de ambiente su rango de temperatura es de $0-50^{\circ}\text{C}$ error de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ su rango de humedad Relativa 20-90% Humedad $\pm 5\%$ error. A continuación, se muestra el sensor figura 4.



Figura 4 Sensor DHT11

Este sensor se tiene que acondicionar con una resistencia de 4.7k que va de conectada a un voltaje de referencia de 3.3 a 6volts y unidos a un nodo del pin 2 que es el data del sensor tal como se muestra en la figura 5.

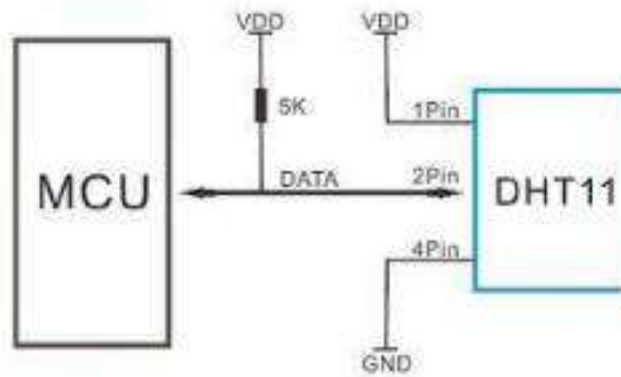


Figura 5 Acondicionamiento del sensor DHT11 y DHT22

Sin embargo, existe en el mercado módulos con los sensores ya acondicionados que facilitan el manejo de los mismos con lo cual ya solo se conecta el a un voltaje de alimentación del sensor, tierra y a el pin de lectura al microcontrolador.

Una vez realizado esto se tendrá que comprobar el funcionamiento de cada uno de los sensores con ayuda de la placa arduino UNO que será el microcontrolador que nos permita la visualización de los valores de la temperatura y humedad relativa de los 4 sensores que se utilizaran para su monitoreo del proceso de deshidratación. a continuación, se muestra la placa Arduino UNO Figura 6.

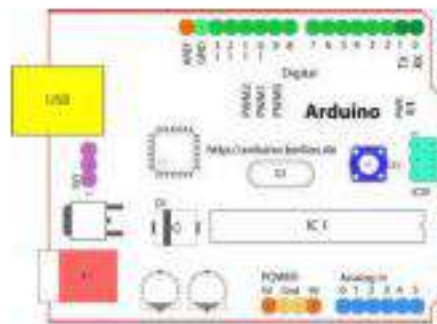


Figura 6 Placa Arduino UNO.

A continuación, se muestra la lectura de los 4 sensores en el monitor serial de Arduino en el cual muestra tanto la temperatura como la humedad relativa.

Figura 6 ,7,8 y 9 se muestra el monitoreo de los sensores uno por uno para comprobar su funcionamiento.

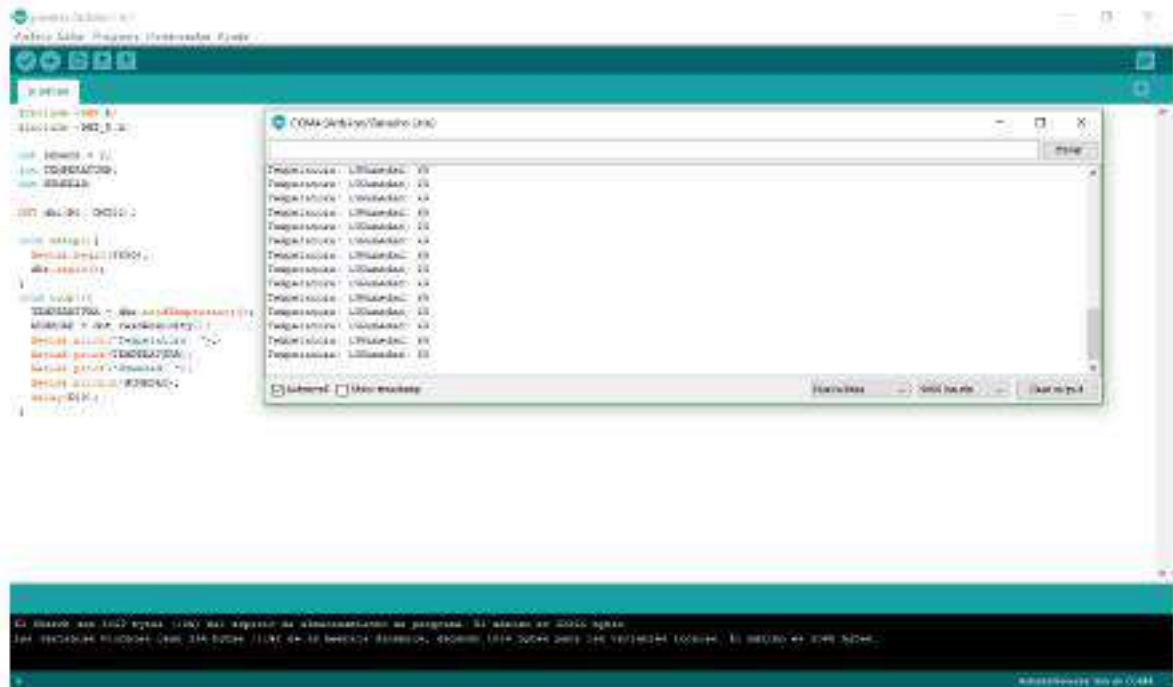


Figura 7 Lectura del sensor1 DHT22

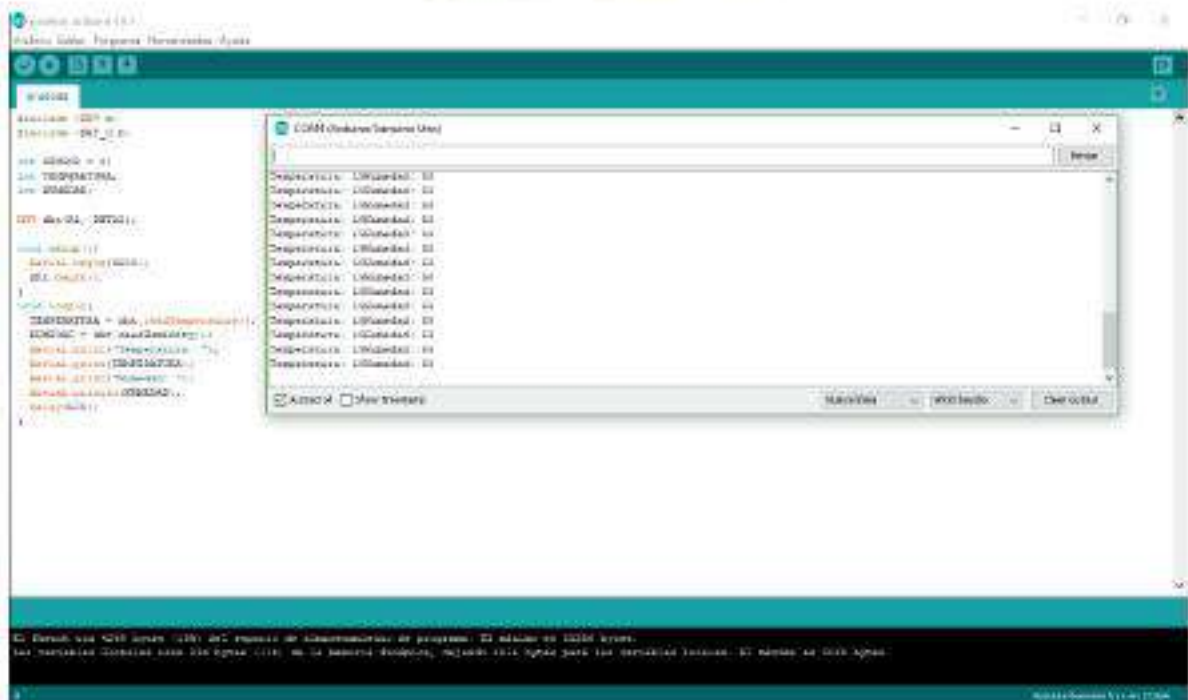


Figura 8 Lectura del sensor 2 DHT 22

Al terminar de demostrar el funcionamiento de cada uno de los sensores se realizó la lectura de todos juntos como se muestra en la figura 11.

Fecha y hora:	Temperatura 1:	Temperatura 2:	Temperatura 3:	Temperatura 4:	Humedad 1:	Humedad 2:	Humedad 3:	Humedad 4:
15-Oct-2018 14:00:04	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:05	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:06	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:07	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:08	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:09	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:10	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:11	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:12	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:13	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:14	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:15	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:16	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:17	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:18	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:19	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:20	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:21	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:22	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:23	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:24	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:25	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:26	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:27	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:28	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:29	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:30	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:31	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:32	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:33	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:34	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:35	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:36	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:37	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:38	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:39	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:40	33	32	28	34	25	38	51	26
15-Oct-2018 14:00:41	33	32	28	34	25	38	51	26

Figura 11 Lectura de los 4 sensores

Una vez demostrado el funcionamiento de los sensores se colocarán dentro del deshidratador de manera que abarque la mayor zona posible que permita monitorear la temperatura y humedad relativa de todo el deshidratador y un sensor en el exterior del deshidratador que se encargara de la temperatura ambiente. Tal como se muestra en la figura 12.

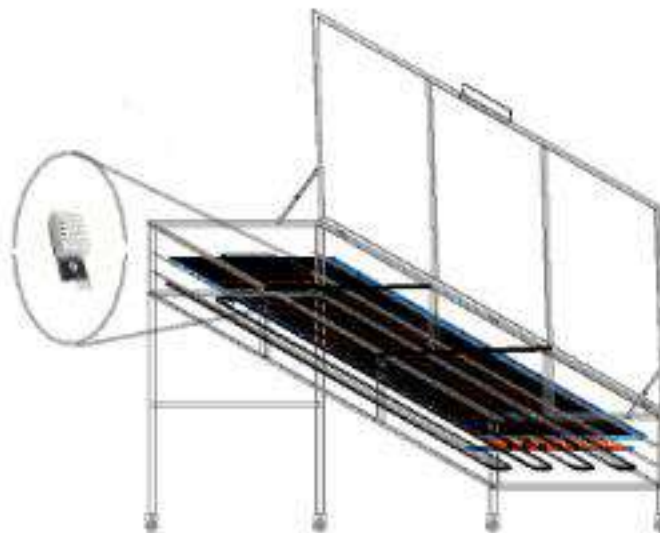


Figura 12 Deshidratador: localización de sensor

Una vez colocados los sensores se colocó un sistema de calor y ventilación para acelerar el proceso en la deshidratación lo cual permitirá un recorte significativo de tiempo y trabajo a los usuarios tal como se muestra en la siguiente imagen muestra la adaptación del sistema de calor y ventilación al deshidratador.

2.1.3 Diagrama de Flujo

El algoritmo destinado a controlar el comportamiento del deshidratador, sus funciones que monitorean la temperatura en el interior del contenedor, y los circuitos inherentes que la gobernarán; están dadas por el siguiente diagrama de flujo:

1. La declaración de las constantes `SENSORES`, `TEMP_MINIMA`, `TEMP_MAXIMA`, `TEMP_SUPERIOR` y `TEMP_INFERIOR`; por su parte, se tiene las variables `contador`, `humedad [SENSORES]` y `temperatura [SENSORES]`.
2. Referente a las constantes, la declaración `SENSORES = 3` se relaciona a la cantidad de sensores DHT22 que posee el deshidratador, en dado caso que aumentar o disminuir el número de estos aditamentos, simplemente se corrige ese apartado el cual afectara de forma inmediata todas las instrucciones relacionadas con ella. La declaración `TEMP_MINIMA = 40` determinará su valor en grados Celsius, y esta será la razón mínima para activar una función, la cual consistirá en activar una resistencia térmica y un ventilador en la base del deshidratador, sirviendo de conducto para transferir calor hacia su interior. Por su parte, la declaración `TEMP_MAXIMA = 60` detendrá el proceso anterior cuando se rebase dicho valor. En lo concerniente a la declaración `TEMP_SUPERIOR = 55`, esta activara únicamente el ventilador al superar los 55 grados Celsius con el propósito de enfriar el interior del contenedor, y en contraste, la declaración `TEMP_INFERIOR = 50`, anulara esta tarea al alcanzarse la temperatura definida.
3. Abordando a las variables, tenemos la declaración `contador`, la cual servirá en los subsiguientes ciclos `for` dentro del diagrama de flujo. Los arreglos `humedad [SENSORES] = {0}` y `temperatura [SENSORES] = {0}` dependerán completamente en su longitud matricial con la constante `SENSORES`; estas almacenarán los valores obtenidos por parte de los sensores DHT22. La variable `controlador = 0` servirá como interruptor en la máquina de estados de la segunda parte del diagrama de flujo.
4. Entonces, el programa entra en su primer ciclo de compilación, este será perpetuo dado que el resto del diagrama se encontrará resguardado por la declaración `while`, mediante la instrucción `while (1)`, esta denota que el proceso siempre será verdadero para sus iteraciones y al no encontrarse un valor centinela o condición adversa, nunca terminará.
5. Se entra en la primera declaración `for` del algoritmo. Utilizando la variable `contador`, esta se inicializará en 0 e ira aumentando a razón de una unidad por cada ciclo del `for`, siempre comparándola en cada una de estas iteraciones con la constante `SENSORES` a razón de -1, esto por el desplazamiento que surge de esta relación. En cada vuelta se adquirirá por medio de los sensores DHT22 la humedad y temperatura del interior del deshidratador, asignando en el segundo `for` estas variables hacia: `humedad [contador]` y `temperatura [contador]`, correspondiendo el valor adquirido a la posición dentro del arreglo y al elemento DHT a razón de cada iteración.
6. Una vez completado este proceso se creará una variable denominada `temperaturaPromedio`; esta obtendrá el promedio del segundo y tercer sensor.

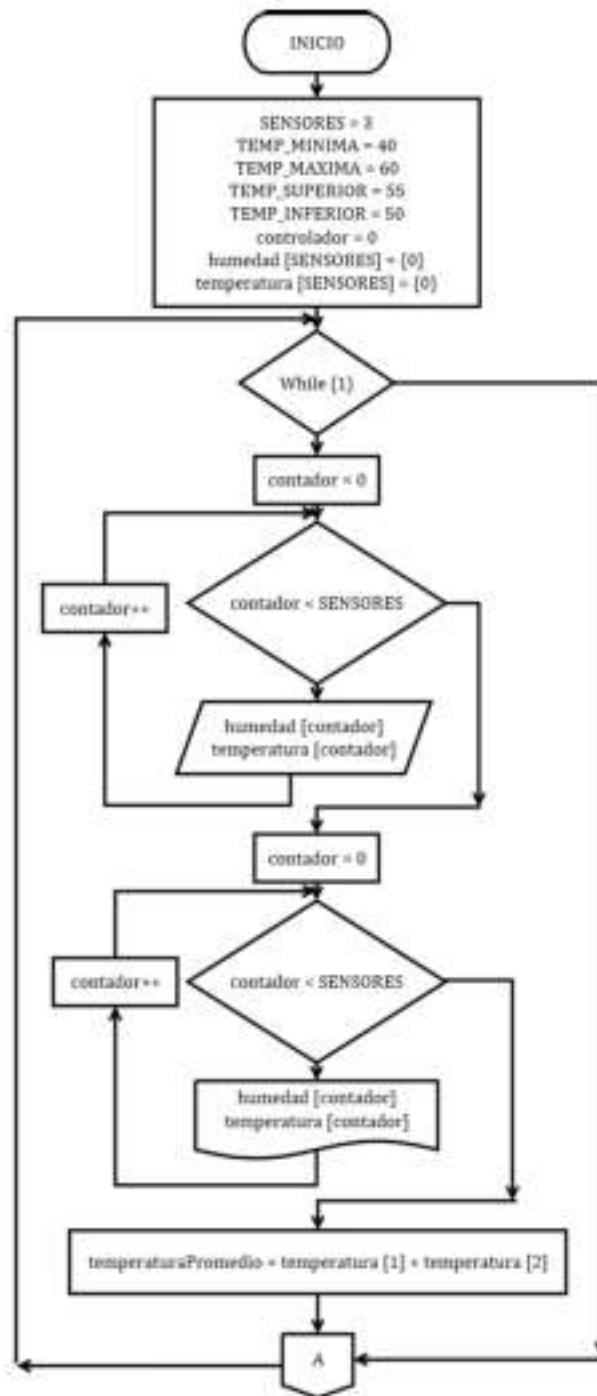


Figura 13 Diagrama de Flujo parte 1

Para la segunda parte del diagrama se tiene que:

1. El programa continúa su compilación hasta encontrarse con el primer **if**, este evalúa si la variable `controlador == 0`; de ser afirmativo, este pasara a una nueva condicional que evaluara si la variable `temperaturaPromedio` es menor que la constante `TEMP_MINIMA`; de resultar verdadera, el estado de la variable `controlador` pasara a ser igual a 1. Caso contrario inherente al segundo **if**, este evaluara una tercera condicional referente a si la variable `temperaturaPromedio` es mayor que la constante `TEMP_MAXIMA`, por lo que la declaración `controlador` pasara a ser igual a 2.
2. De resultar falso el primer **if**, se pasará a una instrucción **switch**. Esta evaluara la declaración `controlador` que ira desde el valor 1 al 4. Para el primer valor, este activara los estados `calefactor` y `enfriador` por los cuales se gobernarán la resistencia térmica y el ventilador, y concluida esta tarea, la variable `controlador` se convertirá en 3. Para el segundo valor, solo el estado `enfriador` se activará, finalizando con la conversión de la variable `controlador` a 4.

2.1.4 Función del Programa en MATLAB

En la programación de MATLAB relacionada con la graficación de los datos adquiridos por el arduino, es necesario establecer dos constantes; la primera declarada como `tiempoMuestreo = inf;`, relacionada la duración total del programa en tiempo de ejecución, siendo la palabra reservada del sistema `inf` para indicar infinito, por lo que el programa nunca cesara en su trabajo; segundo, la declaración `numeroCapturas = 0.52`, que denotara en la graficación del programa la cantidad de llamadas al arduino para poder adquirir los datos relacionados con la temperatura y humedad, en ese caso el `0.52` indica que durante cada ciclo del programa se representara en ese número el avance de cada línea en el plano cartesiano.

```
tiempoMuestreo = inf;
numeroCapturas = 0.52;
```

Prosiguiendo con la explicación, la función `figura ()` crea una ventana en blanco mientras que el parámetro `Name` designa el nombre de la ventana como: *Monitoreo de sensores de humedad y temperatura*, indicado en el segundo parámetro de la función. La función `axes` indica en el parámetro `xLim` el limite al eje de graficación respecto a x, dado que empieza desde el valor 0 hasta infinito; y el parámetro `yLim` indica lo mismo que el apartado anterior, pero respecto al eje y, comenzando desde 0 hasta un límite superior de 101 unidades.

```
%Creamos la ventana donde visualizaremos los sensores de humedad
figure ('Name', 'Monitoreo de sensores de humedad y temperatura');
axes ('XLim', [0 tiempoMuestreo], 'YLim', [0 101]);
```

Una vez creada la ventana e indicando que en la misma existirá una o unas gráficas; la función `subplot` creará un recuadro dentro de la aplicación, siendo (2, 4, 1), el 2 indicando el número de fila, el 4 el número de columna y el 1 la posición de dicho recuadro en la ventana; esta acción se replicó en 6 ocasiones, desplazando el tercer valor para asignar el orden de las gráficas. La función `vector5` crea la línea de trazado en el cartesiano que representa la humedad o temperatura, según se asigne. La función `title` da nombre a cada uno de estos recuadros. La función `xlabel` e `ylabel` da sentido a la función `vector5` en el eje x e y respectivamente. La función `grid on` habilita este vector mientras que `hold on` evita que el vector se borre por el desplazamiento en el tiempo de toda la graficación.

```
%Gráfica del despliega el primer sensor de humedad
subplot (2, 4, 1)
vector5 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor humedad 1')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on
```

La declaración `diary` crea un archivo `.txt` en la misma carpeta que alberga el programa de matLab donde se almacenaran todos los datos adquiridos por el arduino, el nombre: `bitacoraSensores.txt`, es el identificador para dicho archivo. Las funciones `printf` asignan posiciones del encabezado de dicho archivo, y la función `diary off` termina de capturar esta información.

```

diary bitacoraSensores.txt
    fprintf ('\n\n');
    fprintf ('Fecha y hora:\t\tTemperatura 1:\tTemperatura 2:\tTemperatura 3:\t');
    fprintf ('Temperatura 4:\tHumedad 1:\tHumedad 2:\tHumedad 3:\tHumedad 4:\n');
diary off

```

Las variables "control= 1" servirá para contar el número de iteraciones del programa, esto servirá para relacionarlo con el numeroCapturas para el avance de cada graficación y como atributo de algunos arreglos. La instrucción "while (1)" indica que el ciclo de trabajo del programa jamás terminara.

```

    control = 1;
    ciclos = 0;

    tic
    while (1)
        ciclos = toc;

```

Las variables "sensores" servirán para almacenar los valores arrojados por el arduino a través de la instrucción "fscanf". Inmediatamente después de esta tarea, los valores anteriores se almacenaran en arreglos "humedad" y "temperatura" seriadas.

```

sensor1 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor2 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor3 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor4 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor5 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor6 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor7 = fscanf (activarArduino, '%d');
sensor8 = fscanf (activarArduino, '%d');
humedad1 (control) = sensor1;
temperatura1 (control) = sensor2;
humedad2 (control) = sensor3;
temperatura2 (control) = sensor4;
humedad3 (control) = sensor5;
temperatura3 (control) = sensor6;
humedad4 (control) = sensor7;
temperatura4 (control) = sensor8;

```

A

```

x = linspace (0, control / numeroCapturas, control);
set (vector1, 'YData', temperatura1 (1 : control), 'XData', x);
set (vector2, 'YData', temperatura2 (1 : control), 'XData', x);
set (vector3, 'YData', temperatura3 (1 : control), 'XData', x);
set (vector4, 'YData', temperatura4 (1 : control), 'XData', x);
set (vector5, 'YData', humedad1 (1 : control), 'XData', x);
set (vector6, 'YData', humedad2 (1 : control), 'XData', x);
set (vector7, 'YData', humedad3 (1 : control), 'XData', x);
set (vector8, 'YData', humedad4 (1 : control), 'XData', x);
drawnow

```

La declaración "diary" escribe en el mismo archivo .txt donde se ha hecho referencia. Las funciones "fprintf" asignan los valores de lectura del arduino en sus respectivas posiciones predefinidas, en forma de tabulaciones del sistema, esto por medio de la lectura de los arreglos de temperatura y humedad. La función "diary off" termina de capturar esta información. La variable "control" avanza en uno, afectando el número de capturas en la graficación y en el avance matricial de las declaraciones de adquisición de datos, posteriormente termina el programa e inician un ciclo sin fin.

```

diary bitacoraSensores.txt
fprintf ('%c', datestr (now));
fprintf ('\t');
fprintf ('%d\t\t', temperatura1 (control));
fprintf ('%d\t\t', temperatura2 (control));
fprintf ('%d\t\t', temperatura3 (control));
fprintf ('%d\t\t', temperatura4 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad1 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad2 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad3 (control));
fprintf ('%d\t\n', humedad4 (control));
diary off

control = control + 1;
end

```


2.1.5 Descripción de Deshidratador

El deshidratador se está constituido por tubular de 1 pulgada de acero inoxidable, una lámina de acero inoxidable de 4 mm esta constituye la parte inferior del deshidratador, así como en la de frente y la parte trasera del deshidratador con una puerta que es donde se coloca el sistema de calefacción y ventilación y en la parte superior se ubica otra puerta en la cual se puede retirar la malla para su aseo. Se muestra en la Figura 15 como es el deshidratador.



Figura 15 Deshidratador Solar

Como se mencionó anteriormente el deshidratador tiene un sistema de calefacción y ventilación para mejorar el proceso de deshidratación en la figura 16 se muestra la resistencia de calor y el ventilador del sistema estos dos guardados dentro de una carcasa de lámina estos van en la parte inferior del deshidratador colocado en la ventana corrediza ya que ahí impulsara el calor generado por la resistencia de calor el ventilador.



Figura 16 Sistema de Calefacción y ventilador

En la figura 17 se muestra la malla donde se colocan los frutos está constituida por una malla de acero inoxidable para no desprender oxido a los frutos y se contaminen con impurezas además de que la malla recite a los diversos líquidos que desprenden las frutas a legumbres, así como una resistencia al calor.



Figura 17 Malla de colocación de las Frutas.

En la figura 18 se muestran los sensores del deshidratador colocados ahí en las diferentes secciones con las que cuenta.



Figura 18 Sensores del Deshidratador.

2.2 Sistemas involucrados

Para tomarse en cuenta los factores de energía que se relacionan en el proceso de deshidratación se tiene que identificar el tipo de secado que se realiza existe diversos tipos, pero los más comunes para la esta tarea son: secadores por conducción, secadores por radiación y secadores por convección de aire caliente.

- **Secador por Conducción:** El calor se trasmite en forma directa, colocando el producto sobre superficies metálicas calientes, estos secadores tienen aplicación en alimentos que no admiten el contacto con un medio como el aire caliente. Son más sencillos de construir, pero no se obtiene una uniformidad óptima en el proceso.
- **Secador por convección:** Los secadores de convección de aire tienen un recinto aislado en el cual son colocados los alimentos a deshidratar y el aire caliente fluye a través de ellos, deshidratándolos, el aire se lleva su humedad gracias a su cualidad de higroscópica, que atrae la humedad, mas adelante explicaremos este fenómeno. La mayoría tiene diversos instrumentos de control de la temperatura, humedad y velocidad del aire dentro de la cámara. Algunos tienen deshumidificadores de aire, para que entre lo más seco posible y pueda llevarse mas humedad del alimento. El flujo de aire es controlado mediante ventiladores, fuelles y desviadores. El aire puede ser calentado por métodos directos o indirectos. Estos deshidratadores tienen producen mejores uniformidades en el secado.
- **Secador por radiación;** El método más simple de secado por radiación, es el dejar expuestos los alimentos a la radiación directa del sol; métodos más avanzados se han desarrollado como el secado en microondas, en el cual el alimento es deshidratado por la acción de la onda de muy alta frecuencia que penetra en el, este tipo de deshidratación permite un secado rápido a relativamente bajas temperaturas, lo cual es benéfico para muchos alimentos que se dañan con temperaturas altas, aunque se tiene una menor producción.

Por las condiciones que tiene el deshidratador que se usara se puede determinar que tiene dos de los tres tipos de secadores mencionados anteriormente los cuales son el secador por convección de aire caliente y un secador por radiación ya que con la ayuda del sol se puede realizar este proceso y en el caso de secador por convección es por se inducirá de manera artificial aire caliente por el sistema de ventilación y calor que se mencionaron anteriormente.

El proceso de deshidratación se basa en una teoría compleja de transferencia de calor y masa, difícilmente se usa el diseño meramente teórico para el diseño de un proceso de deshidratación, debido a la dependencia y singularidad de las propiedades de cada muestra de alimento. En esta parte se describirán la mayoría de los parámetros involucrados en el proceso de deshidratación con aire caliente y su relación entre ellos.

- **Aire atmosférico:** El aire ambiente es una mezcla de aire seco y vapor de agua, es necesario estudiar las relaciones que guardan estos dos componentes.

- **Humedad absoluta y humedad relativa:** El cociente entre la masa del vapor de agua contenido en el aire entre la masa de aire seco se conoce como **humedad absoluta**; el aire atmosférico puede contener solo una máxima cantidad de vapor de agua, la **humedad relativa** es el cociente entre la masa de vapor de agua contenida entre la máxima que puede contener. El valor de humedad relativa en el aire es un parámetro de la deshidratación, y va a depender de la temperatura del aire, mientras mayor sea la temperatura menor será la humedad relativa, es decir el aire puede absorber mas humedad.
HR: humedad relativa (%)
 ω humedad absoluta (kg vapor/kg aire seco)
- **Aire saturado:** Cuando el aire está en la condición de 100% de humedad relativa, se conoce como **aire saturado** y no puede absorber mas humedad a una determinada temperatura.
- **Temperatura de rocío:** Si disminuye la temperatura del aire atmosférico aumenta su humedad relativa, cuando la temperatura disminuye hasta alcanzar el 100% de humedad relativa, cualquier decremento en la temperatura ocasionara una condensación de vapor de agua para mantener la condición de aire saturado a esa temperatura; esta última se conoce como **temperatura de rocío**. Esta es igual a la temperatura de saturación correspondiente a la presión de vapor.
- **Presión de vapor:** El aire atmosférico puede considerarse como un gas ideal, y por tanto la presión total en el aire puede considerarse como la suma de la presión ejercida por el aire seco más la presión de la masa de vapor.

La presión de vapor es importante para entender el proceso de deshidratación; cuando aire atmosférico a una determinada humedad relativa está en contacto con una superficie húmeda, existe una tendencia a el equilibrio entre la superficie húmeda y el aire, es decir parte del agua en la superficie se evapora para igualar la presión de vapor que ejerce el aire con las que ejerce la superficie húmeda. Cuando el aire en contacto con la superficie se vuelve saturado al absorber la humedad evaporada se ha igualado la presión de vapor con la presión de la superficie.

La presión de vapor que ejerce el aire atmosférico es igual a la humedad relativa del aire por la presión de saturación del agua a la temperatura del aire.

$$P_v = (HR)(P_{sat}T) \quad (1)$$

Considerando el aire atmosférico como un gas ideal, se tienen las relaciones para la humedad relativa y absoluta en términos de la presión de vapor.

$$\omega = 0.622P_v/(P_{atm} - P_v) \quad (2)$$

$$HR = \omega P_{atm}/(0.622 + \omega)P_gT \quad (3)$$

Donde:

P_{atm} : presión atmosférica (Pa)

$$HR = P_v / P_g \quad (4)$$

P_g : presión de saturación a la temperatura del aire (Pa).

- **Proceso de saturación adiabática.**

Este proceso consiste en hacer pasar aire atmosférico a determinada temperatura y determinada humedad a través de una superficie de agua contenida en un canal; el aire atmosférico va absorber la humedad evaporada por la diferencia entre la presión de vapor y la presión de la superficie; la evaporación del agua es un proceso que consume energía, calor latente de evaporación, y que la va a tomar del calor sensible de la superficie del agua (esto explica por qué el agua tiene una temperatura ligeramente menor al ambiente) y del calor sensible del aire, haciéndolo que también disminuya su temperatura.

Si consideramos un canal lo suficientemente largo para que el aire salga del saturado, la temperatura de salida corresponde a la temperatura de saturación adiabática, con esta temperatura se puede conocer la humedad relativa del aire.

- **Temperatura de bulbo seco y de bulbo húmedo.**

La temperatura de bulbo seco se conoce a la temperatura del aire atmosférico real, medido con un termómetro.

T : temperatura de bulbo seco (C)

La temperatura de bulbo húmedo, es muy parecida a la de saturación adiabática descrita anteriormente, y se mide con un termómetro con la mecha húmeda girado suavemente tratando de reproducir el proceso de saturación adiabática. En términos más precisos la temperatura de bulbo húmedo es la temperatura a la cual el agua, por evaporación de aire a una temperatura y humedad relativa, puede llevar adiabáticamente el aire al estado de saturación manteniendo una presión constante. El calor latente de la evaporación será suministrado a expensas del calor sensible del líquido y por lo tanto la temperatura de este último disminuye, la temperatura de bulbo húmedo siempre será menor a la temperatura de bulbo seco.

Del balance de energía en el proceso de saturación adiabática y considerando la temperatura de bulbo húmedo como la temperatura de saturación adiabática.

$$\omega = (C_p * (T_w - T) + \omega' h_{fg}') / (h_g - h_t') \quad (5)$$

C_p : Calor específico del aire. (kJ/kgC)

T_w : temperatura de bulbo húmedo (C)

ω' : humedad absoluta en estado de saturación (kg vapor/kg aire seco)

h_{fg}' : calor latente del agua a T_w (kJ/kg)

h_g : Entalpía del vapor a T (kJ/kg)

h_t' : Entalpía del líquido saturado a T_w (kJ/kg)

- **Entalpía del aire atmosférico:** Con el objetivo de realizar los balances energéticos en los procesos que involucran evaporación de agua debida a la presión de vapor, se debe conocer la entalpía de aire atmosférico que es igual a la suma de la entalpía del aire seco más la entalpía del vapor de agua.

$$h = h_{as} + h_v(kJ/kg) \quad (6)$$

$$h_{as} = C_p T(kJ/kg) \quad (7)$$

$$h_v = h_g = 2500.9 + 1.82T(kJ/kg) \quad (8)$$

- **Humedad del alimento:** La cantidad de agua en el alimento depende del tipo, la forma, y es muy propia de cada especie; puede ser expresada en base húmeda, o en base seca. En el alimento se puede clasificar de dos formas, como humedad libre o humedad ligada.

X: humedad del alimento

- **Humedad libre**

Esta es la cantidad de agua que es posible extraer del alimento se conoce como agua libre, esta se evapora al ejercer una presión sobre la atmosfera de aire de secado de menor presión de vapor. A veces también se define como la diferencia entre la humedad inicial y la humedad de equilibrio, es decir como la humedad que es posible extraer del alimento.

- **Humedad ligada.** La cantidad de agua en el alimento que se encuentra como adherida fuertemente al alimento, y su presión es menor q la presión de vapor del aire por lo tanto es muy difícil extraerla.
- **Humedad de equilibrio:** Cuando el alimento alcanza este valor de humedad, ha dejado de ceder agua al aire secante, y se encuentra en equilibrio con él; este valor es particular de cada alimento, pero también depende de la temperatura del aire se secado y de su humedad relativa. Si se pudiera disminuir la humedad del alimento mas allá de la humedad de equilibrio sería el aire el que le cedería humedad al alimento. En la práctica es difícil alcanzar este valor, el proceso de deshidratación termina cuando la humedad ha llegado a un valor cercano a este.

Xe: humedad de equilibrio

- **Actividad de agua:** Es el cociente entre la presión de vapor del agua contenida en el alimento y la presión de vapor del agua pura a la misma temperatura, es decir es la humedad relativa de equilibrio de una atmosfera de aire que está en contacto con el alimento. La actividad de agua es una buena mediada para definir las condiciones finales de deshidratación.

- **Isotermas de sorción:** La humedad de equilibrio que se puede alcanzar para un alimento puede ser representada mediante las curvas de absorción o desorción, esta última es la que importa en el secado, es decir va cediendo humedad; en esta grafica se puede ver dependencia de la temperatura y humedad relativa del aire en la humedad de equilibrio que teóricamente se podría alcanzar. Estas graficas relacionan la humedad relativa de equilibrio, en el alimento a diferentes condiciones de temperatura y humedad relativa ambiente, y se obtienen secando el alimento a diferentes condiciones y pesando el

producto. Tener isotermas de sorción para el alimento nos permite conocer dependiendo de las condiciones de temperatura y humedad cual sería el valor de humedad de equilibrio que podríamos alcanzar, es decir hasta donde podríamos deshidratarlo.

También tiene su importancia en el almacén del alimento deshidratado, ya que, si la atmósfera tiene una humedad de equilibrio superior a la de equilibrio del alimento, este empezará a absorber humedad, y a dañarse el producto.

- **Velocidad de secado:** Es la razón a la cual se extrae el agua del alimento por el aire, es decir la razón a la cual disminuye la humedad del alimento, en un proceso de secado existen dos grandes periodos (realmente son más), el secado a velocidad constante y el periodo a velocidad decreciente.

- **Humedad crítica:** El valor de humedad donde aparece el periodo de velocidad decreciente es el periodo de humedad crítica:

X_c : humedad crítica

➤ **PROCESOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR Y MASA**

- **Transferencia de calor:** La teoría de la deshidratación se basa en la transferencia de calor del aire al alimento húmedo y la transferencia del agua evaporada del alimento al aire de deshidratación. La superficie de transferencia de calor y masa es un parámetro relevante, y debe de ser lo más grande posible. La transferencia de calor de un fluido en movimiento, como el aire, se conoce como convección, y está en función del área de transferencia de calor, la diferencia de temperaturas entre la temperatura media del aire y la temperatura de la superficie; y un coeficiente de transferencia de calor, este último es el parámetro más complejo y es difícil de determinar, pero su principal dependencia está en la velocidad del aire. El calor transmitido por unidad de tiempo es entonces:

$$Q = h_c \cdot A \cdot (T - T_s) \tag{9}$$

Q = Calor transmitido (kW)

h_c = coeficiente de convección en (kW/m²K)

A = área de transferencia de calor (m²)

T_s = Temperatura de la superficie del alimento (°C)

$h_c = 0.0204G.8$

G = densidad de flujo de aire en (kg/m²hr)

$h_c = 0.0204G.8$

G : densidad de flujo de aire en (kg/mhr)

- **Transferencia de masa** Para la transferencia de masa a través del alimento se utiliza la segunda ley de Fick, que relaciona el cambio de humedad en el tiempo

del alimento con la distribución de la concentración de la humedad en el alimento.

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D * \left(\frac{\partial^2 C}{\partial r^2} + \left(\frac{1}{r} \right) \partial C / \partial r \right) \quad (10)$$

C = concentración

t = tiempo

r = coordenada radial

D = difusividad

Para una placa plana, como una bandeja, $j = 0, C$

= X y r se considera lineal en el espesor z

$$\frac{\partial W}{\partial t} = D * \left(\frac{\partial^2 W}{\partial z^2} \right) \quad (11)$$

Para las condiciones de humedad inicial y humedad final de equilibrio, y definiendo un espesor $z=r$ y una temperatura constante, la solución es:

$$\sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n-1)^2} e^{-\frac{(2n-1)^2 \pi^2 D \cdot t}{4z^2}} \quad (12)$$

Si el espesor z es muy pequeño y el tiempo es largo, todos los términos de la serie mayores a $n=1$ se desprecian, y si además se considera a $X_e=0$.

$$\ln \left(\frac{x}{x_0} \right) = \ln \left(\frac{B}{\pi^2} \right) - \pi^2 D * t / z^2 \quad (13)$$

Y se tiene una relación entre la humedad en el alimento y el tiempo de deshidratación, D se obtiene experimentalmente al graficar los valores de $\ln(X/X_0)$ contra t o contra t^2/z , o en la literatura para el producto.

2.2.1 Procesos de deshidratación

El proceso de deshidratación se basa en el uso de la energía térmica del aire para evaporar y extraer la humedad del alimento. El aire se calienta en un medio calefactor, como serpentines de vapor o agua caliente antes de entrar en contacto con el alimento, el aire recibe energía térmica y además al incrementar su temperatura, disminuye su humedad relativa, lo cual permite que pueda arrastrar mas humedad. El aire es impulsado por un ventilador para obligarlo pasar a través del alimento, el aumento en la velocidad permite aumentar el coeficiente de transferencia de calor, el movimiento del aire permite el retirar el aire que se ha saturado y ha entrado en equilibrio con la superficie de alimento húmeda. La humedad en el interior del alimento se mueve por difusión de vapor o agua o hidrodinámicamente por flujo capilar. El agua se va a ir retirando del alimento en varias etapas. Las dos principales son:

- Velocidad constante
- Velocidad decreciente

Cuando se secan los alimentos no pierden humedad a periodos constantes, y los tiempos no son los mismos, se puede llevar 4 horas para retirar el 90% la humedad de un alimento en el periodo de velocidad constante y otras 4 para remover el restante posible en el periodo de velocidad decreciente.

2.2.2 Primera Curva de secado

Esta curva es desarrollada frecuentemente experimentalmente midiendo el cambio de humedad en el alimento dentro del tiempo de deshidratación. En esta curva se pueden observar ya las dos etapas de deshidratación, una marcada por una casi recta y otra una parábola.

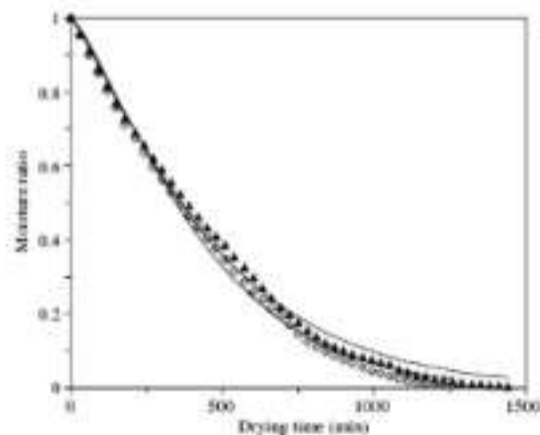


Figura 19 Curva de deshidratación de un alimento [Ibrahim Daymaz, Air-drying characteristics of tomatoes 2005]

Se debe notar que, en la gráfica anterior, las ordenadas están referidas al contenido de humedad libre o extraíble, si se hace sobre humedad total, se vería una asíntota y el valor de este límite en el infinito corresponde al valor de la humedad relativa de equilibrio, se ha visto que es muy difícil tener una humedad menor al 2% en los alimentos. Cuando se alcanza una humedad muy cercana a la humedad de equilibrio el proceso puede darse por terminado. Esta gráfica va a depender de las condiciones de humedad y temperatura del aire desecado y del alimento.

2.2.3 Segunda curva de secado

Al derivar la curva anterior con respecto al tiempo se obtiene la velocidad de secado, los valores de estas velocidades cuando se grafican contra el contenido de humedad en el alimento originan la segunda curva de secado, en la cual es más fácil apreciar el proceso de deshidratación.

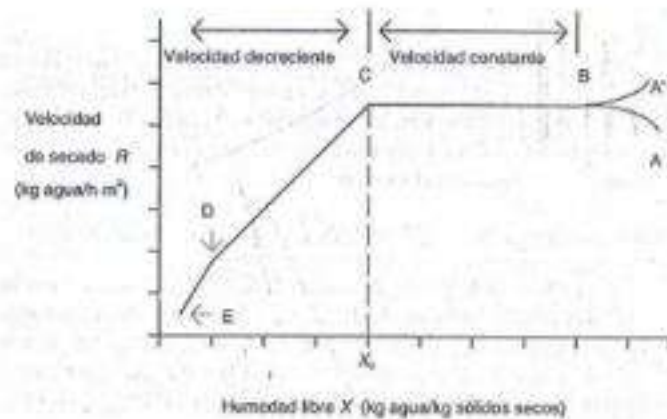


Figura 20 diagrama de segunda curva de Deshidratación [Potter, La ciencia de los alimentos, 1978]

En A-B ocurre el calentamiento del alimento, es decir el alimento frío va a comenzar a elevar su temperatura hasta alcanzar la temperatura de saturación.

En B-C comienza el proceso de deshidratación a velocidad constante, donde el agua es evaporada, el calor que suministra el aire caliente es el necesario para evaporar la superficie mojada del alimento. Este periodo se va a mantener mientras el agua del interior del alimento fluya por capilaridad a la superficie de tal forma que siempre se tenga una superficie húmeda en el alimento, cuando esto no ocurre se alcanza la humedad crítica y el periodo termina. En este periodo se puede considerar a la temperatura del alimento como la de bulbo húmedo del aire.

En C-D comienza el primer periodo de velocidad decreciente, donde el mecanismo dominante de deshidratación es la transferencia de masa de agua del interior del alimento. La superficie de evaporación se traslada a capas inferiores en el alimento

El periodo D-E es el segundo de velocidad decreciente y es el más largo de todos, ya que la evaporación se hace más complicada, la superficie de evaporación se encuentra cada vez más dentro del sólido, el agua sale con mayor dificultad del interior del sólido. La temperatura del alimento se aproxima a la del aire secante.

2.2.4 Factores que afectan el proceso de Deshidratación

- **Área de superficie:** Es el área en la cual se colocará el alimento a secar, mientras mayor sea el área mayor será el área de transferencia de calor y masa, aumentando la velocidad del proceso. Las rebanadas de alimento que se colocan sobre las bandejas deben ser lo más finas posible con el objetivo de que la humedad pueda migrar fácilmente del interior del alimento a la superficie.
- **Temperatura:** Mientras mayor sea la diferencia entre el aire secante y el alimento mayor será la tasa de secado hasta cierto límite, debido a que si la temperatura es muy alta, puede existir un endurecimiento de la superficie del alimento lo que provocaría que la humedad interior no pudiera salir a la superficie.
- **Tiempo:** Se debe llegar a un óptimo entre la velocidad máxima de secado y la calidad que el producto requiere, hay alimentos que conviene deshidratarlos lentamente por el daño que les produce estar expuestos a altas temperaturas durante cortos periodos.
- **Velocidad del aire:** La humedad que se convierte en vapor por el calor agregado debe de ser retirada, de la superficie para que el proceso continúe, por eso es preciso que el aire este fluyendo a una velocidad a través del alimento. En estos términos el aire en movimiento es mucho más efectivo que al aire caliente para secar.
- **Humedad del aire:** Cuando el aire este más seco más velocidad tendrá el proceso de secado. La humedad contenida en el aire va a definir hasta donde se puede secar un alimento, es decir su humedad de equilibrio.
- **Propiedades de los alimentos:** Las propiedades de los alimentos son muy particulares e irregulares, es decir no tienen homogeneidad molecular y cada pieza es diferente de la otra, lo cual hace muy difícil determinar a priori el proceso de deshidratación. La porosidad permite un mejor flujo de agua del interior, pero los cuerpos porosos disminuyen la transferencia de calor, el resultado neto depende de la influencia de la porosidad en estos dos parámetros.
Pueden existir reacciones químicas durante el proceso de deshidratación, como el encafecimiento, producido por la reacción de Maillard, que es la reacción de los grupos aldehído y amino de los azúcares y las proteínas; se propicia su desarrollo a altas temperaturas en un ambiente acuoso.

2.2.5 Tiempo de deshidratación.

El tiempo de secado es el parámetro más importante después de la calidad del producto, el tiempo va a definir el consumo de energía y la producción de deshidratado. La tasa de secado del producto es usualmente determinada experimentalmente debido a la alta complejidad de los cálculos para predecir el balance de masa y energía en el alimento. Un cálculo apoyado en valores experimentales y desarrollo teórico es lo más óptimo para predecir el tiempo de secado.

El experimento para calcular los tiempos de secado consiste en construir un prototipo de secador, controlando los parámetros de humedad, temperatura y velocidad del aire. El peso y la temperatura de la muestra son medidas periódicamente hasta encontrar la primera curva de secado, derivándola

esta última con respecto al tiempo se obtiene la segunda curva de secado que corresponde a la velocidad o tasa de deshidratación R y se define como:

$$R = \frac{M}{A} * \frac{\partial X}{\partial t} \quad (14)$$

$$M = \rho_s * z * A \quad (15)$$

M_s : masa de alimento

ρ_s : densidad del alimento

z: espesor del alimento en la bandeja

A: área expuesta

X: humedad del alimento (kg agua/kg total)

El término $\frac{\partial X}{\partial t}$ va ser constante en el periodo de velocidad constante y se puede resolver teóricamente, pero en el periodo de velocidad decreciente puede o no ser una función de X, lo cual hace muy difícil de determinar.

En el periodo de velocidad constante todo el calor del aire es usado para la de agua manteniéndose la temperatura del alimento como la de bulbo húmedo, se desprecia el calor sensible del tomate, entonces la velocidad en que el agua es evaporada es:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = h_c * (T - T_w) / (\rho_s * z * h_{fg}') \quad (16)$$

El tiempo en el periodo constante simplemente consiste en integrar esta última ecuación desde X_0 hasta X_c

$$t = \rho_s * z * h_{fg}' * (X_0 - X_c) / (h_c * (T - T_w)) \quad (17)$$

El tiempo en el periodo de velocidad decreciente se puede estimar a partir de la segunda ley de Fick, haciendo todas las simplificaciones de la solución presentada anteriormente; pero aun así falta determinar el coeficiente de difusividad que está sujeta a muchas variables. Se ha desarrollado en su lugar entonces una relación empírica de la velocidad de secado con la $\frac{\partial X}{\partial t}$ en el periodo constante.

$$\frac{\partial X}{\partial t} = K(X_c - X_e) \quad (18)$$

$$K = - \frac{\frac{\partial X}{\partial t}}{X - X_e} \quad (19)$$

Sustituyendo (16) y (17) en (19)

$$K = -(h_c * (T - T_w) / (\rho_s * z * h_{fg}' * (X - X_e))) \quad (20)$$

Entonces $\frac{\partial X}{\partial t}$ en el periodo decreciente es:

$$\frac{\partial X}{\partial t} = -(h_c + (T - T_w) * (X_c - X_e) / (\rho s * z + h'_{fg} * (X - X_e))) \quad (21)$$

Integrando esta última ecuación se obtiene una ecuación para el tiempo en el periodo de la velocidad decreciente, nótese que el tiempo es función del valor humedad que se quiere alcanzar, sabiendo que la X_e se alcanza con $t = \infty$.

$$t = \frac{\rho s * z + h'_{fg} * (X - X_e)}{h_c * (T - T_w)} * \text{Ln} \left(\frac{X_c - X_e}{X - X_e} \right) \quad (22)$$

2.3 Selección de Frutos

Debido a la gran biodiversidad del país se pueden encontrar un sin fin de frutos que se pueden usar para el proceso de deshidratación, sin embargo como estamos ubicados geográficamente en un estado de gran variedad de frutos de temporada tales como la guayaba, el tejocote por mencionar estos que se encuentran incluso en los hogares y en las instalaciones de la Universidad tal es el caso del tejocote por tal motivo y seleccionando otros frutos de temporada se mostrara a continuación cuales son los frutos y las propiedades físicas y químicas.

2.3.1 Guayaba (*Psidium guajava*)

La elección de este fruto es porque en la región se encuentra una gran cantidad de árboles y por cuestión climatológica y de fertilidad en la zona hace el lugar perfecto para su desarrollo además de que es temporada del fruto, sabiendo esto se selecciona a la guayaba para la realización de pruebas y poder potenciar la producción de guayaba para su deshidratación en un futuro. A continuación, en la Tabla 2 se mostrará la descripción del fruto, así como sus propiedades físicas y químicas.


Tabla 2 Guayaba (*Psidium guajava*)

	Descripción	Propiedades física y químicas
G U A Y A B A	 <i>Figura 21 Guayaba</i>	486 mg y 871 mg de Vitamina C por 100 g de fruto fresco
		carbohidratos 13 %
		Vitamina A, hierro, calcio y fósforo
		Fibra 5.5 %
		Humedad 80 %
		Proteína 1 %
Grasa 0.5 %		

2.3.2 Tejocote (*Crataegus mexicana*)

Fruto originario de México usado en lo largo de la historia como medicina tradicional o alternativa para diversas enfermedades. El tejocote es un árbol que se encuentra en el valle de México por lo cual al igual que la guayaba se encuentra presente en la Zona e incluso en la universidad por lo cual permite su rápida obtención. A continuación, en la Tabla 3 se describirá un poco del fruto, así como sus propiedades.


Tabla 3 Tejacote (*Crataegus mexicana*)

	Descripción	Propiedades física y químicas
T E J O C O T E	<p>Fruto de origen mexicano la producción inicia en primavera, pero se encuentran maduros en los meses de noviembre y diciembre, fruto semejando una pequeña manzana amarillo-anaranjada, de 2-3 cm de diámetro; semillas cafés, lisas. (Ramírez, 2008)</p>  <p>Figura 22 Tejacote</p>	Pectinas
		Glúcidos
		Taninos.
		ácidos orgánicos
		Flavofenos
		Resinas
		Ácidos orgánicos
		Humedad

2.3.3 Caña (*Saccharum officinarum*)

Al elegir la caña fue fundamentalmente por el hecho de que es una fruta de temporada además de la observación de como mantiene su sabor incluso después de deshidratarse ya que como se sabe es un fruto con mucha sacarosa y de esta se realiza la azúcar que se consume comercialmente a continuación, en la Tabla 3 se muestra sus propiedades y una descripción breve del fruto, pero la información mas importante es saber la cantidad de humedad que contiene este fruto.


Tabla 4 Caña (*Saccharum officinarum*)

	Descripción	Propiedades física y químicas
C A Ñ A	<p>Es una gramínea tropical perenne con tallos gruesos y fibrosos que pueden crecer entre 3 y 5 metros de altura. Éstos contienen una gran cantidad de sacarosa que se procesa para la obtención de azúcar. La caña de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales. (Ramírez, 2008)</p>  <p>Figura 23 Caña de Azúcar</p>	Humedad (70-75%)
		Sacarosa (30-25%) Glucosa(6-9%)
		Vitaminas: tiamina, riboflavina, niacina y ácido pantoténico
		Minerales: potasio, calcio y hierro
		Alcohol, luteolina, tricina, y glocósidos de flavonas
		Fibra, proteínas
		Ácidos hidroxinámico, cafeico, aconitico, málico y cítrico
		Fructosa(5-10%)

2.3.4 Plátano

El plátano fue seleccionado con colaboración de un PTC de ingeniería en Biotecnología que quiere analizar el proceso de hongos y levaduras en el Plátano para ello se necesitaba que se deshidrata para después poder hacer polvos y exponerlo a distintos tipos de ambiente. Veas mas información de Tabla 5.

Tabla 5 Plátano

	Descripción	Propiedades física y químicas
P L A T A N O	<p>El pseudotallo del plátano mide 2-5 m, y su altura puede alcanzar 8 m con las hojas. Los frutos son bayas falsas sin semillas, cilindricos distribuidos en manos de racimos de 30-70 plátanos que miden 20-40 cm de largo y 4-7 cm de diámetro,</p>  <p><i>Figura 24 Plátano</i></p>	Potasio 23%
		Humedad de 74-78%
		Salvia
		Almidón
		Vitamina A,B,C y D
		Dopamina
		serotonina, norepinefrina, sistema colinérgico, dopamina y ácido γ-aminobutírico

2.3.5 Uva chardonnay (Vitis vinifera)

La uva una de las frutas que más se deshidratan en el mundo por su uso culinario tanto en México como en el mundo se refleja en la repostería como en comidas típicas de la región tal es el caso del mole una de los platillos más representativos de la gastronomía de Puebla, por esa razón la elección de este fruto para su experimentación al momento de deshidratar el alimento, véase en la tabla 5 una descripción y las propiedades que tiene este fruto.

Tabla 6 Uva chardonnay (Vitis vinifera)

	Descripción	Propiedades física y químicas
U V A	<p>La especie Vitis vinifera es una planta trepadora que se propaga por estacas. El tronco es retorcido y áspero, del que parten ramas jóvenes muy flexibles, denominadas sarmientos. Las hojas se disponen sobre estas ramas en forma alterna, son grandes (14 por 12 cm), acorazonadas en la base, palmeadas, lobadas, dentadas, con</p>	Humedad 75-85%
		Sólidos solubles 15-25%
		Oligosacáridos
		Pectinas
		Hemicelulos
		Celulosa
		Cenizas
Proteínas		

nervadura reticular, palmatinervada, con peciolo largo. Opuestos a cada hoja, se presentan zarcillos arrollados que al enroscarse en algún soporte permite a las ramas trepar sobre éste.



Figura 25 Uva

Capítulo III Evidencias

3.1 Evidencias

Para la validación de este proyecto se muestran las siguientes evidencias que muestran el proceso y el cambio de pigmentación en los frutos con el fin de demostrar que la experimentación tuvo éxito. Antes de presentar las evidencias se muestra una serie de pasos que se siguieron para poder obtener un producto deshidratado.



1. Primero como paso importante se manipula el fruto desde su obtención con mucho cuidado con el fin de no dañar la corteza exterior.
2. Lavar adecuadamente el fruto y dejarlo secar en una escurridera un día antes de poner a deshidratar el fruto, esto por cuestión de evitar la humedad que provoca el fruto mojado que a la vez podría acelerar la propagación de hongos o levaduras en el fruto.
3. Lavarse las manos y usar guantes de látex para la manipular el producto tanto en la colocación como en el pesaje del mismo.
4. Cortar el fruto dependiendo del volumen que tenga el fruto, se analiza si se corta en 2, 4 o más partes tal es el caso del plátano o se mantiene entero en el caso de la uva.
5. Limpiar la malla del deshidratador antes de poner el fruto y al terminar la deshidratación volver a limpiarlo.
6. Es de suma importancia saber que la primera vez que se saque el fruto a deshidratar este un tiempo considerable, que este a una buena temperatura y que empiece a cambiar un poco el color de la pigmentación esto para evitar posibles hongos o levaduras que existen en el ambiente.
7. Se considera importante saber que la temperatura adecuada para la deshidratación de los frutos son entre los 45 – 55 grados Celsius y que se encuentre una corriente de aire fluyendo ya que, si no existe, el producto sufre un cambio en su corteza exterior que consiste en el cierre de los poros de la fruta evitando que salga la humedad que tiene dentro y lo que se logra con esto es una deshidratación inconclusa además de cambiar el sabor del fruto.
8. Al finalizar la deshidratación de un fruto se tiene que dejar de emitir calor y dejar que llegue a la temperatura ambiente naturalmente dejando en la malla una vez hecho eso se colocara en una bolsa de plástico limpia y seca para mantener el producto.

3.1.1 Guayaba

Tal como se muestra en el cronograma de actividades la guayaba es el primer producto en manejarse para la deshidratación, no obstante, se describirá la forma en la que se manipulo el fruto con las normas ya establecida y el proceso que se mencionó en la página anterior.

Tabla 7 Métodos de deshidratación Guayaba

Métodos	Figura
<p>Método con deshidratador sin resistencia</p> <p>La guayaba se recolecto desde un árbol y se manipulo con mucho cuidado después de lavo y seco, como se observa en la figura 19. Se cortó en 4 partes y se distribuyó por la parte superior del deshidratador porque ahí se encuentra una buena temperatura para su deshidratación la guayaba se colocó con guantes de látex por higiene de la fruta observe el color de la fruta al iniciar el proceso de deshidratación véase figura 18.</p>  <p>Figura 20 color de la guayaba al inicio de la deshidratación</p>	 <p>Figura 27 Deshidratación de guayaba con deshidratador</p>
<p>Método tradicional</p> <p>El proceso para la manipulación y colocación de la guayaba en este método es el mismo solo cambio el lugar donde se puso el producto que fue en una bolsa que se coloca en el suelo y en la parte superior de esta se colocó esparcida la guayaba como se muestra en la figura 21. A continuación se mostrara de manera mas cerca la figura para observar el color de la fruta veas figura 20.</p>  <p>Figura 28 Color de la guayaba al inicio del método tradicional</p>	 <p>Figura 29 Deshidratación de la guayaba método tradicional</p>

Métodos	Figura
<p>Deshidratador con resistencia</p> <p>En este método se realizó el mismo procedimiento lo único que cambio es la utilización de un sistema de ventilación y calefacción para su procedimiento véase en la figura 25 el color del fruto al inicio del proceso.</p>  <p><i>Figura 30 color de la guayaba al inicio del proceso</i></p>	 <p><i>Figura 31 Deshidratación de la guayaba con la resistencia de calor</i></p>

Como se puede observar en las figuras de la 21- 26 muestran la colocación del fruto y el color del mismo ya que en el proceso se cambiará el tono a uno más oscuro por la exposición directa al sol además de la reducción del tamaño por la pérdida de volumen que es proporcional a la humedad perdida del fruto durante el lapso de tiempo en el que se deshidrato el producto véase en la Tabla 8 la comparación del tono del color del fruto Figura 27-30.

Tabla 8 comparación del tono de la guayaba

Primer día	Segundo día	Cuarto día	6 día
 <p><i>Figura 32 guayaba día 1</i></p>	 <p><i>Figura 33 guayaba día 2</i></p>	 <p><i>Figura 34 guayaba día 4</i></p>	 <p><i>Figura 35 guayaba día 6</i></p>

3.2 Resultados

A continuación, se mostrará los resultados obtenidos en el peso del fruto, así como la gráfica correspondiente de cada uno de los frutos con los que se hicieron pruebas además de una comparación por medio de graficas en el tiempo con respecto a la masa del fruto y al final comparación entre los 3 métodos para la observación y análisis para determinar las ventajas de usar el deshidratador solar.

3.2.1 Guayaba

Tabla 9 Tabla de pérdida de Peso en la guayaba con el deshidratador

N°	Tiempo	Peso
1	1	1501.26
2	2	1323.28
3	3	1167.63
4	4	1085.7
5	5	836.62
6	6	761.87
7	7	679.52
8	8	607.52
9	9	556.57
10	10	332.03
11	11	287.87
12	12	264.23



Figura 38 Gráfica de deshidratación de la guayaba con el deshidratador

Tabla 10 Pérdida de peso de la guayaba en el método tradicional

Tiempo	Masa
1	1507.06
2	1336.28
3	1190.33
4	1087.6
5	877.71
6	797
7	723.91
8	669.8
9	621.86
10	349.04
11	282.09



Figura 37 Grafica del método Tradicional de deshidratación en la guayaba

3.1 Conclusiones

Se demostró que el proceso de deshidratación con un deshidratador solar es mucho más eficiente ya que permitió reducir tiempo además de que es un proceso más limpio y se permitió el monitoreo y lectura gracias a la colocación de los sensores DHT 22 dentro del deshidratador y al microcontrolador que recibe los datos y los mandaba al ordenador donde MATLAB los guardaba en un archivo .txt y los graficaba esto permitía ver los cambios más significativos en la temperatura y humedad en el microcontrolador se procesaba una serie de condiciones y parámetros para este proceso permitiendo que no se bajara la temperatura de manera gradual así como evitar que llegara a altos niveles los cuales pueden afectar al fruto en su proceso con esto se puede concluir de forma satisfactoria el proceso y poder recabar los datos en los registros de pesado de producto con el fin de poder ver la cantidad de agua que se pedían en un lapso de tiempo y estos datos sirven para sustentar el proyecto ya que se demostró que la eficiencia del deshidratador con respecto al método tradicional.

Referencias

Ramírez, M. Á. (2008). Modulo 5: Caña de azúcar . En C. I. Miguel Ángel Ramírez, *Cultivos para la producción sostenible de biocombustibles:Una alternativa para la generación* (págs. 6-7). Honduras : Servicio Holandés de Cooperación al Desarrollo SNV.

Univeridad Politécnica de Puebla . (Noviembre de 2013). *Uppuebla*. Obtenido de Uppuebla:
<http://www.uppuebla.edu.mx/joomla1/index.php/2013-08-27-22-47-11/mision-y-vision>

Cengel Yunus, Termodinámica, Mc Graw Hill 2006.

Cengel Yunus, Transferencia de calor y masa, Mc Graw Hill 2007.

ANEXO 1

SIMBOLOGIA

ρ_a : densidad del aire [kg/m³]

ρ_s : densidad del aire [kg/m³]

ρ_w : densidad del agua [kg/m³]

η : eficiencia

ΔT_w : delta de temperaturas en el agua [C]

ΔT_{ml} : temperatura media logaritmica [C]

ΔP_f : pérdidas por fricción [Pa]

ΔP_m : pérdidas locales [Pa]

ΔP_t : pérdidas totales [Pa]

Ψ : Potencia eléctrica [W]

A: área de transferencia de calor [m²]

C_{pw} : calor específico del agua [kJ/kgC]

C_{pa} : Calor específico del aire. [kJ/kgC]

D_e : diámetro equivalente. [m]

f: factor de fricción

g: gravedad [m/s²]

G: densidad de flujo de aire [kg/m²h]

h_{fg}' : calor latente del agua a T_w [kJ/kg]

h: coeficiente de convección [W/m²K]

HR: humedad relativa del aire [%]

L: longitud equivalente [m]

m_w :flujo de agua [kg/s]

m_a : flujo de aire[kg/s]

m_{geo} : flujo de agua geotérmica

M: masa de alimento [kg]

P_v : presión de vapor [kPa]
 P_{atm} : presión atmosférica [kPa]
 P_g : presión de saturación a la temperatura del aire. [kPa]
 P_{vel} : potencia asociada a la velocidad [W]
 Q : calor transmitido por unidad de tiempo [W]
 t : tiempo [s]
 T_{geo} : Temperatura de agua geotérmica
 $T_{sal\ geo}$: Temperatura de salida del agua geotérmica
 T_{agua} : Temperatura del circuito de agua caliente
 $T_{sal\ agua}$: Temperatura de salida del agua caliente
 T : temperatura de bulbo seco [C].
 T_w : temperatura de bulbo húmedo [C].
 T_s : temperatura de la superficie del alimento [C].
 V_w : velocidad del agua [m/s]
 V : velocidad del aire [m/s]
 V_0 : velocidad en la toma de aire [m/s]
 V_1 : velocidad después del ventilador [m/s]
 V_2 : velocidad en las bandejas [m/s]
 X : humedad del alimento [kg agua/kg alimento]
 X_0 : humedad inicial [kg agua/kg alimento]
 X_e : humedad de equilibrio [kg agua/kg alimento]
 X_c : humedad crítica [kg agua/kg alimento]
 X_f : humedad final deseada [kg agua/kg alimento]
 ω : humedad absoluta del aire [kg agua/kg aire seco]
 ω' : humedad absoluta en estado de saturación [kg vapor]
 z : espesor del alimento en la bandeja[m]

ANEXO 2

CÓDIGO

```
#include <DHT.h>
#include <DHT_U.h>
#define SENSORES 4

int controlador = 0;
int temperaturaPromedio;
int humedad [SENSORES] = {0};
int temperatura [SENSORES] = {0};

void envioSerial (void);
void eleccionActuadores (int a);
void comportamientoRelevador (void);

int calefactor = A4;
int refrigerante = A3;

DHT dht1 (A0, DHT22);
DHT dht2 (A1, DHT22);
DHT dht3 (A2, DHT22);
DHT dht4 (A3, DHT11);

void setup()
{
  Serial.begin (9600);
  dht1.begin ();
  dht2.begin ();
  dht3.begin ();
  dht4.begin ();

  digitalWrite (calefactor, OUTPUT);
  digitalWrite (refrigerante, OUTPUT);

  digitalWrite (calefactor, LOW);
  digitalWrite (refrigerante, LOW);
```

```

}
void loop()
{
  humedad [0] = dht1.readHumidity();
  temperatura [0] = dht1.readTemperature();
  humedad [1] = dht2.readHumidity();
  temperatura [1] = dht2.readTemperature();
  humedad [2] = dht3.readHumidity();
  temperatura [2] = dht3.readTemperature();
  humedad [3] = dht4.readHumidity();
  temperatura [3] = dht4.readTemperature();

  envioSerial ();

  temperaturaPromedio = (temperatura [1] + temperatura [2]) / 2;

  if (controlador == 0)
    eleccionActuadores (temperaturaPromedio);
  else
    comportamientoRelevador ();

  delay(300);
}

void envioSerial (void)
{
  int contador;

  for (contador = 0; contador < SENSORES; contador++)
  {
    Serial.println (humedad [contador]);
    Serial.println (temperatura [contador]);
  }
}

void eleccionActuadores (int a)
{

```

```

if (a < 40)
    controlador = 1;
else
    if (a > 60)
        controlador = 2;
    }

void comportamientoRelevador (void)
{
    switch (controlador)
    {
        case 1:
            digitalWrite (calefactor, HIGH);
            digitalWrite (refrigerante, HIGH);
            if (temperaturaPromedio > 55)
                controlador = 3;
            break;

        case 2:
            digitalWrite (refrigerante, HIGH);
            if (temperaturaPromedio < 30)
                controlador = 4;
            break;

        case 3:
            digitalWrite (calefactor, LOW);
            digitalWrite (refrigerante, LOW);
            controlador = 0;
            break;

        case 4:
            digitalWrite (refrigerante, LOW);
            controlador = 0;
            break;
    }
}

```

ANEXO 3

Datos Adquiridos

Fecha y hora	Temperatura 1	Temperatura 2	Temperatura 3	Temperatura 4	Humedad 1	Humedad 2	Humedad 3	Humedad 4
15-Oct-2018 14:03:04	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:05	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:06	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:07	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:08	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:09	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:10	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:11	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:12	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:13	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:14	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:15	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:16	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:17	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:18	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:19	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:20	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:21	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:22	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:23	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:24	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:25	38 30	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:26	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:27	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:28	38 31	32 20		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:29	38 31	32 25		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:30	38 31	32 25		28		54	28	58
15-Oct-2018 14:03:31	38 31	32 25		28		54	28	58

15-Dec-2018 140333	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140334	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140335	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140336	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140337	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140338	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140339	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140341	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140341	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140343	38 31	32 25	28	34	28	38
15-Dec-2018 140343	38	32	28	34	28	38

ANEXO 4

Programa de MATLAB

```
%Universidad Politécnica de Puebla
%Estadía Profesional
%Programa para registrar los valores dados por sensores de temperatura y humedad.

close all; %Cerrar ventanas
% procesos anteriores
clc; %Limpio la
Command Window
delete (instrfind (['Port'], ['COM4']));
activarArduino = serial ('COM4', 'BaudRate', 9600, 'Terminator', 'CR/LF'); %Configurar el
puerto COM según la PC a utilizar
warning ('off', 'MATLAB:serial:fscanf:unsuccessfulRead');
fopen (activarArduino); %Iniciar
comunicación serial

tiempoMuestreo = inf; %Tiempo de
captura en s en el eje x
numeroCapturas = 0.52; %Capturas s
realizar por ciclo

%Creamos la ventana donde visualizaremos los sensores de humedad
figure ('Name', 'Monitoreo de sensores de humedad y temperatura');
axes ('XLim', [0 tiempoMuestreo], 'YLim', [0 101]);

%Gráfica del despliega el primer sensor de humedad
subplot (2, 4, 1)
vector5 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor humedad 1')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el segundo sensor de humedad
subplot (2, 4, 2)
vector6 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor humedad 2')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el tercer sensor de humedad
subplot (2, 4, 3)
vector7 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor humedad 3')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el tercer sensor de humedad
subplot (2, 4, 4)
vector8 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor humedad 4')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el cuarto sensor de humedad
subplot (2, 4, 5)
vector1 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
```



```

title ('Sensor temperatura 1')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el quinto sensor de humedad
subplot (2, 4, 5)
vector2 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor temperatura 2')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el sexto sensor de humedad
subplot (2, 4, 7)
vector3 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor temperatura 3')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

%Gráfica que despliega el sexto sensor de humedad
subplot (2, 4, 8)
vector4 = line (nan, nan, 'Color', 'b', 'LineWidth', 2);
title ('Sensor temperatura 4')
xlabel ('Tiempo (s)')
ylabel ('Humedad (%)')
grid on
hold on

diary bitacoraSensores.txt
fprintf ('\n\n');
fprintf ('Fecha y hora:\t\tTemperatura 1:\tTemperatura 2:\tTemperatura 3:\t');
fprintf ('Temperatura 4:\tHumedad 1:\tHumedad 2:\tHumedad 3:\tHumedad 4:\n');
diary off

control = 1;
ciclos = 0;

tic
while (1)
    ciclos = toc; %Utilizar esta
    variable cuando sea un tiempo definido

    sensor1 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor2 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor3 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor4 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor5 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor6 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor7 = fscanf (activarArduino, '%d');
    sensor8 = fscanf (activarArduino, '%d');
    humedad1 (control) = sensor1;
    temperatura1 (control) = sensor2;
    humedad2 (control) = sensor3;
    temperatura2 (control) = sensor4;
    humedad3 (control) = sensor5;
    temperatura3 (control) = sensor6;
    humedad4 (control) = sensor7;
    temperatura4 (control) = sensor8;

    x = linspace (0, control / numeroCapturas, control);
    set (vector1, 'YData', temperatura1 (1 : control), 'XData', x);
    set (vector2, 'YData', temperatura2 (1 : control), 'XData', x);
    set (vector3, 'YData', temperatura3 (1 : control), 'XData', x);
    set (vector4, 'YData', temperatura4 (1 : control), 'XData', x);

```

```

set (vector5, 'YData', humedad1 (1 : control), 'XData', x);
set (vector6, 'YData', humedad2 (1 : control), 'XData', x);
set (vector7, 'YData', humedad3 (1 : control), 'XData', x);
set (vector8, 'YData', humedad4 (1 : control), 'XData', x);
drawnow

diary BitoporaSencores.txt;
fprintf ('%c', datestr (now));
fprintf ('\t');
fprintf ('%d\t\t', temperatura1 (control));
fprintf ('%d\t\t', temperatura2 (control));
fprintf ('%d\t\t', temperatura3 (control));
fprintf ('%d\t\t', temperatura4 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad1 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad2 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad3 (control));
fprintf ('%d\t\t', humedad4 (control));
diary off

control = control + 1;
end

```