

**CONSTRUCCION DE UNA MARQUESINA TRADICIONAL CON SISTEMA DE
ADQUISICION DE DATOS DE VARIABLES AMBIENTALES Y ALMACENAMIENTO
DE DATOS EN MEMORIA SD.**

**ORTIZ LOPEZ JUAN ANDRES.
SANCHEZ BALLESTEROS JOHN STIVEN
VARGAS CARDONA JOHN JADER.**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA.
MEDELLÍN.**

2017.

**CONSTRUCCION DE UNA MARQUESINA TRADICIONAL CON SISTEMA DE
ADQUISICION DE DATOS DE VARIABLES AMBIENTALES Y ALMACENAMIENTO
DE DATOS EN MEMORIA SD.**

**ORTIZ LOPEZ JUAN ANDRES.
SANCHEZ BALLESTEROS JOHN STIVEN
VARGAS CARDONA JOHN JADER.**

Trabajo de grado para optar al título de Tecnólogo en Electrónica.

**Asesor: José Alfredo Palacio Fernández
M.Sc. en automatización y control industrial
Bayardo Emilio Cadavid
M.Sc. en automatización y control industrial**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO.
FACULTAD DE INGENIERÍA.
TECNOLOGÍA EN ELECTRÓNICA.
MEDELLÍN.**

2017.

Contenido

| | |
|------------------------------------------------------|----|
| Introducción | 8 |
| 1. Planteamiento del problema | 9 |
| 1.1. Descripción | 9 |
| 1.2. Formulación | 9 |
| 2. Justificación | 10 |
| 3. Objetivos..... | 11 |
| 3.1. Objetivo general..... | 11 |
| 3.2. Objetivos específicos..... | 11 |
| 4. Marco teórico | 12 |
| 4.1. Bases teóricas | 12 |
| 4.2. Estado del arte | 15 |
| 5. Metodología | 17 |
| 5.1. Tipo de proyecto | 17 |
| 5.2. Método..... | 17 |
| 5.3. Instrumentos de recolección de información..... | 17 |
| 5.3.1. Fuentes primarias..... | 17 |
| 5.3.2. Fuentes secundarias | 18 |
| 5.3.3. Materiales y Métodos..... | 18 |
| 6. Resultados del proyecto | 23 |
| 7. Conclusión | 28 |
| 8. Recomendaciones | 29 |
| 9. Bibliografía..... | 30 |

Lista de figuras

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <i>Figura 1.</i> Modos de transferencia de calor..... | 13 |
| <i>Figura 2.</i> Marquesina tradicional en platico negro..... | 15 |
| <i>Figura 3.</i> Base de la marquesina..... | 18 |
| <i>Figura 4.</i> Lado derecho del techo. | 19 |
| <i>Figura 5.</i> Techo completo. | 19 |
| <i>Figura 6.</i> Estructura externa de la marquesina. | 20 |
| <i>Figura 7.</i> Segmento delantero cubierto con el plástico de polietileno..... | 20 |
| <i>Figura 8.</i> Parte delantera y trasera cubierta con el plástico de polietileno. | 21 |
| <i>Figura 9.</i> Marquesina terminada | 21 |
| <i>Figura 10.</i> Arduino Leonardo..... | 22 |
| <i>Figura 11.</i> Sensor AM2302 en la parte superior de la marquesina | 22 |
| <i>Figura 12.</i> Imagen térmica de la marquesina | 23 |
| <i>Figura 13.</i> Temperatura interna de la marquesina..... | 24 |
| <i>Figura 14.</i> Temperatura en grados centígrados día 1 | 25 |
| <i>Figura 15.</i> Temperatura en grados centígrados día 2 | 25 |
| <i>Figura 16.</i> Porcentaje de humedad en el aire día 1..... | 26 |
| <i>Figura 17.</i> Porcentaje de humedad en el aire día 2..... | 27 |

Resumen

El principal objetivo de este trabajo ha sido construir una marquesina tradicional (generalmente se emplea en los procesos de deshidratación solar de productos vegetales donde la temperatura promedio de deshidratación es de 40°C) y medir los niveles térmicos, de radiación y de humedad que se pudieran alcanzar, para eso, se empleó un sistema de medición automática de temperatura y humedad mediante sistema electrónico Arduino Leonardo, sensores digitales de protocolo de comunicación one wire referencia AM2302 el cual permite valores de humedad relativa de 0 a 100% y temperatura de -40 a 80 °C y medición de radiación mediante piranómetro. Los datos de temperatura y humedad, fueron almacenados en una memoria SD a través de un Shield de Arduino que permite protocolo de comunicación SPI. Finalmente se analizaron los datos y se observó unos niveles térmicos adecuados a los requerimientos del material vegetal cuando la radiación solar lo permitía.

Palabras clave: Marquesina, radiación, temperatura, humedad

Absract

The main objective of this work has been to build a traditional marquee (generally, the processes of solar dehydration of chemical products where the average temperature of dehydration is 40 ° C) and measure the thermal, radiation and humidity levels that can be reached, for that, was used a system of measurement The Arduino Leonardo, the digital communication protocol sensors a reference cable AM2302 which allows the humidity values relative from 0 to 100% and temperature from -40 to 80 ° C and measurement of radiation by pyranometer The temperature and humidity data were stored in an SD memory through an Arduino shield that allows the SPI communication protocol. Finally, the information and parameters of the plant system are the only ones in the world.

Keywords: Marquee, radiation, temperature, humidity

Glosario

Humedad: cantidad de agua dentro o fuera de un objeto.

Radiación: es una forma de transmisión de energía por medio a través ondas electromagnéticas o partículas.

Deshidratación: es cuando un cuerpo pierde agua de su composición.

Termodinámica: es la rama de la física que se encarga de estudiar como interactúa el calor con otras formas de energía.

Magnitud: es una característica de algo que puede ser medida.

Variable: Es un valor que puede cambiar durante el tiempo.

Introducción

Los sistemas de deshidratación solar tipo marquesina, son ampliamente empleados en la región del oriente Antioqueño para secar plantas aromáticas y medicinales además de los procesos de deshidratado mediante radiación directa del sol. El uso de marquesina permite conservar las propiedades organolépticas y los principios activos pues no permiten la radiación uv directa proveniente del sol, el principal problema que se presenta en este tipo de estructuras, es que las temperaturas que se logran al interior cuando la radiación solar es baja, no alcanza los niveles sugeridos para el deshidratado de plantas aromáticas y medicinales que es cercana a los 40°C (Palacio, Cadavid, & Agudelo, 2016), además en las marquesinas tradicionales, no se tiene implementado el sistema de medición de temperatura para determinar el nivel adecuado donde se puedan colocar las bandejas de material vegetal a deshidratar.

El presente proyecto muestra, paso por paso, la elaboración de una marquesina tradicional con material PVC y plástico de polietileno y el uso de un sistema automático para la obtención automático de datos de temperatura y humedad al interior de la marquesina y un piranometro para medición manual de la radiación.

Finalmente se obtienen los valores, que sirven de insumo para trabajos futuros y los proyectos que la Institución Universitaria Pascual Bravo plantea en esta temática y principalmente, la justificación de este proyecto que partió del interés de conocer cómo se comporta la temperatura y la humedad en una marquesina tradicional y así servir de apoyo para el proyecto en proceso de patente desarrollado por el grupo de investigación GIIAM de los investigadores Jose Alfredo Palacio y Bayardo Emilio Cadavid.

1. Planteamiento del problema

1.1. Descripción

Se construyó una marquesina tradicional con el fin de comparar la efectividad de la marquesina modificada que ha sido construida por el grupo de investigación GIAM de la Institución Universitaria Pascual Bravo, además de esto los datos de temperatura y humedad medidos por los sensores son almacenados en una memoria SD por medio de un microcontrolador Arduino Leonardo con el fin de poder saber que pasa en el interior de la marquesina tradicional.

1.2. Formulación

¿Existe alguna forma mediante la cual se puedan obtener los valores de las variables ambientales al interior de una marquesina tradicional y almacenar los datos medidos en una memoria SD?

2. Justificación

La importancia de deshidratar alimentos o plantas, es la durabilidad y la conservación que estos adquieren en el transcurso del tiempo, ya que estos conservan la gran mayoría de sus minerales y nutrientes, por lo que este proyecto tiene como finalidad, la construcción de una marquesina tradicional con un sistema de adquisición de datos de variables ambientales y almacenamiento de datos en memoria SD, el cual consistirá en el uso de energías renovables, en este caso, energía calórica proveniente del sol, y el mejoramiento del medio ambiente, haciendo así, que haya una reducción en los costos de energía. Además, se utilizará Arduino, cuya función será capturar los datos ambientales en la marquesina y guardarlos en una memoria SD.

La principal justificación de este proyecto, es obtener datos térmicos que servirán como soporte comparativo entre una marquesina tradicional y una modificada con doble cámara la cual ha sido desarrollada por el grupo de investigación GIAM por los investigadores José Alfredo Palacio y Bayardo Emilio Cadavid dentro del proyecto titulado “*Desarrollo de un sistema de deshidratado solar controlado mediante sistemas embebidos para el secado de plantas aromáticas y medicinales*” de la Institución Universitaria Pascual Bravo, que también consiste en la construcción de una marquesina, pero con otro sistema de secado y un riguroso monitoreo de las plantas y los alimentos durante el día. Con estos datos, se compararán ambos métodos, para ver cuál de los dos es más eficaz en los procesos de secado, y así observar cuál alimento está más fresco que otro o mejor conservado que el otro y así mismo con las plantas, ya que influye en el sabor o calidad según corresponda, y de esta manera el consumidor obtenga un producto saludable y de excelencia.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general

Construir una marquesina tradicional, con medición y almacenamiento de datos de temperatura, humedad y radiación solar en memoria SD.

3.2. Objetivos específicos

- Construir la marquesina empleando estructuras de PVC y polietileno.
- Realizar medidas manuales y automáticas de temperatura, humedad y radiación solar.
- Implementar el sistema de almacenamiento de datos.

4. Marco teórico

4.1. Bases teóricas

La termodinámica se encarga de estudiar las formas de energía y como se transfiere, se transfiere a través de una frontera, la energía se puede transferir por medio de propiedades como la temperatura, densidad y presión entre otras (Potter & Scott, 2006).

La transferencia de calor se puede dar de tres formas: conducción, convección y la radiación. La conducción es la transferencia de partículas más energéticas a unas menos energéticas, es decir como se muestra en la figura 1 el calor se transfiere por ejemplo a la barra de metal que antes estaba a una temperatura menor a la del fuego, la energía en forma de calor se transfiere a la parte de la barra metálica que tiene más contacto con la fuente calor y después de esto se va calentando toda la barra.

La convección se da cuando hay superficie solida adyacente a un fluido, en la figura 1 podemos ver como el calor de las llamas sube con el aire ascendente hacia las manos que se encuentra encima del fuego (Çengel & Boles, 2012). Finalmente la transferencia por radiación que se observa en la misma figura en la dirección horizontal, esta transferencia, es electromagnética, se da por medio de fotones, como ejemplo podemos tener el de la figura 1 donde no hay una corriente de aire pero la llama transfiere calor a las manos que se encuentran en la parte izquierda de la imagen, o aún más simple cuando asfalto se calienta en el transcurso del día, esto pasa por la radiación solar que absorbe el asfalto (Nergiza, 2013).

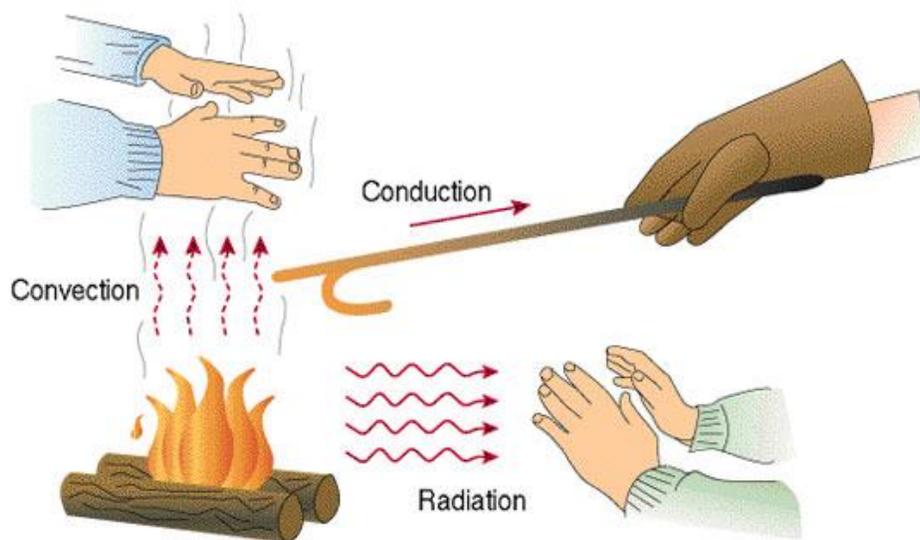


Figura 1. Modos de transferencia de calor.

Fuente: extraído de <https://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/>

La energía solar se ha aprovechado para deshidratar alimentos atando de forma directa como indirecta aprovechando la radiación o los modos de transferencia antes mencionados

El secado o deshidratado de las plantas o frutas se hace desde hace mucho tiempo, esto ya que permite una mejor conservación del alimento, además de esto actualmente las personas buscan alimentos secos para cuidar su salud, ya que estos son más sanos (Almada, Caceres, Machain-Singer, & Pulfer, 2005). Los alimentos pueden ser secados al aire libre, aunque es económico tiene muchos inconvenientes ya que los alimentos pueden ser deteriorados por plagas como insectos o roedores, además de esto el proceso es lento y los alimentos pueden dañarse en el proceso ya que reciben la humedad del medio ambiente, además de que si son puestos directamente a la luz del sol pueden perder vitaminas o color por la acción de los rayos ultravioletas (Almada, Caceres, Machain-Singer, & Pulfer, 2005). Para poder adquirir la información que entrega el sistema de deshidratado seleccionado, se usan sistemas electrónicos como sensores y sistema embebidos. Particularmente, los sensores son dispositivos que miden magnitudes físicas y las convierte en variables eléctricas, hay sensores análogos y digitales, la diferencia radica en que los análogos entregan variables eléctricas de diferentes amplitudes y los digitales entregan unos o ceros lógicos, estos pueden procesados usando el interfaz de comunicación indicado, entre esas interfaces de comunicaciones están I2C, SPI y una línea, la mayoría de estas interfaces usan comunicaciones serial y nos permiten usar varios sensores en la misma línea física. Estos sensores están conectados como esclavos y responden a un dispositivo

maestro, que puede ser un microcontrolador, los sensores digitales tienen muchas ventajas entre esas que son muy fáciles de conectar y de usar. La interfaz de una sola línea (1-wired) está hecha para tener poca transmisión de datos, consiste en un dispositivo maestro y varios dispositivos esclavos contactados a la misma línea física, los esclavos están conectados a una fuente con una resistencia, la comunicación empieza con un reset y una secuencia de sincronización, el maestro manda un pulso de 480 micro segundos y los esclavos responden para saber que están conectados, después de esto el maestro puede enviar o recibir información de los esclavos. El maestro pregunta por el esclavo mandando un numero serial de 64 bits, después de esto recibe el dato del esclavo con el cual se comunicó (Taylor & Francis Group, LLC, 2013).

Son muchos los tipos de sensores compatibles con este tipo de protocolos de comunicación y actualmente se trabaja mucho con sistemas de desarrollo tipo arduino compatible incluso dentro del protocolo SPI con tarjetas SD y sensores 1-wire.

4.2. Estado del arte

En (Castro Restrepo, y otros, 2013)(ver figura 2). Emplean una marquesina tipo túnel que no tiene sistema de medición o no se ha caracterizado, e se trabaja el proceso de deshidratación y sugieren un nivel térmico máximo que generalmente esta alrededor de los 40°C pero no se observa instrumentos de medida permanente o que sugiera el haber alcanzado los valores térmicos recomendados para cada material.



Figura 2. Marquesina tradicional en platico negro.

Fuente: Extraído de (Castro Restrepo, y otros, 2013)

Se conocen otros tipos de marquesinas tradicionales con un mismo funcionamiento pero distinta estructura, tal es el caso que la marquesina de (Phusampao, Nilnont, & Janjai, 2014) y la de (Bolea, Grau, & Miranda, 2012). El diseño de (Phusampao, Nilnont, & Janjai, 2014) se basa en la captación de radiación solar por medio de un techo en policarbonato para tener un secado más óptimo, en forma de casa, en cambio el de (Bolea, Grau, & Miranda, 2012) su diseño es en vertical y por medio de unos vidrios captan la radiación solar con la cual secan los cultivos que están en distintas capas del deshidratador. Aunque ambas marquesinas sean diferentes en estructura, poseen el mismo problema, sus medidas de temperatura, radiación y humedad son tomadas analógicamente con instrumentos manuales.

Las marquesina pueden construirse de muchas formas como una de doble cámara hecha por (Palacio, Cadavid, & Agudelo, 2016) donde tienen dos cámaras, una de precalentamiento y otra

de secado, el cambio de aire entre las cámaras es canalizado por medio de un viaducto y ventiladores, así logrando que el aire que va de la cámara de precalentado a la cámara desecado llegue con menos humedad para lograr un mejor deshidratado de las plantas aromáticas y medicinales.

Otro tipo de deshidratador es por medio de gas propano el cual diseñaron (Velasquez Santos & Acevedo Alvarez, 2014) para deshidratar orégano. A diferencia de los otros dos deshidratadores, este no usa la radiación solar como método de deshidratación haciendo que el costo sea más elevado ya que se necesitaría del gas propano para el proceso, por otra parte, esto hace que se pueda tener una mejor estabilidad del calor que se requiere y por ende un secado más óptimo.

Aun así se puede medir temperatura y humedad como (Chachan, 2014) con microcontroladores y almacenar, enviar o procesar esta información para poder ser visualizada en dispositivos móviles. Un sensor DHT11 toma las mediciones de temperatura y humedad, luego un Arduino UNO procesa la información enviada por el sensor para que esta luego se transmita por medio de un dispositivo Xbee a un equipo con Matlab.

La medición de temperatura y humedad es muy útil en la agricultura como el que usan (Kumar, I, Raj, SK, & Sarathkumar, 2016) donde un regador de plantas llamado ALIVE donde un sensor DHT11 mide temperatura y humedad en el ambiente donde se encuentra la planta luego con ayuda de un algoritmo el ALIVE riega con la cantidad necesaria de fertilizante.

5. Metodología

5.1. Tipo de proyecto

Este es un proyecto experimental ya que se parte de la construcción de un prototipo de marquesina tradicional a la cual se le quiere obtener de manera automática y manual, los valores ambientales como radiación, humedad y temperatura a los que es sometida en el exterior y la respuesta de la misma en el interior. El periodo de medida es de varios días para caracterizar el comportamiento ante diferentes variaciones ambientales.

5.2. Método

La primera parte del proyecto indaga sobre las teorías y lo que se ha hecho en materia de deshidratadores. En la búsqueda de la información, se describirán los sensores que mejor desempeño pueden tener en cuanto a precisión, modo de comunicación para la medida de temperatura, humedad y radiación solar que sean a su vez compatibles con el sistema embebido de adquisición y almacenamiento en tarjeta SD. De acuerdo los valores obtenidos, se puede llegar por deducción, al comportamiento del deshidratador en condiciones ambientales diversas.

5.3. Instrumentos de recolección de información

5.3.1. Fuentes primarias

El proyecto parte de una necesidad de validación de datos de un proyecto aprobado en la I.U. Pascual Bravo por lo cual los investigadores principales de dicho proyecto se convierten en nuestra fuente primaria.

5.3.2. Fuentes secundarias

Las principales fuentes secundarias son los fabricantes de los dispositivos electrónicos que se emplearán adicionales a los libros y revistas que contienen la información de las bases teóricas y el estado del arte.

5.3.3. Materiales y Métodos

El proyecto se comenzó partiendo con la elaboración de una base sólida donde posteriormente se inició la construcción de la marquesina, esta base tiene unas dimensiones de 3 metros de ancho y 4 metros de largo.



Figura 3. Base de la marquesina.

Fuente: propia

A partir de aquí y con los materiales a disposición se inició la elaboración del techo, según el cronograma ya estipulado previamente para facilitar así el avance oportuno del proyecto.



Figura 4. Lado derecho del techo.
Fuente: propia



Figura 5. Techo completo.
Fuente: propia

Luego, se continuó con construir las columnas de la marquesina para darle forma y tener los cimientos en donde después, se empezó el montaje de toda la estructura externa de la marquesina, como lo son el techo, la parte trasera y la parte delantera donde se incluye la puerta, para esta construcción se usó tubos de PVC de $\frac{1}{2}$ " , 1" y 2"



Figura 6. Estructura externa de la marquesina.

Fuente: propia

Con la estructura externa finalizada, se procedió a cubrir con el plástico de polietileno calibre 6 la marquesina, para este proceso se decidió tapar por segmentos, ya que de otra manera el plástico no quedaba lo suficientemente templado y por ende perdía propiedades de uniformidad isotérmica al interior a partir del plano de radiación incidente



Figura 7. Segmento delantero cubierto con el plástico de polietileno.

Fuente: propia



Figura 8. Parte delantera y trasera cubierta con el plástico de polietileno.
Fuente: propia

Por último, se agregó la puerta y se terminó de sellar los lugares por donde entraba más aire, como las esquinas y debajo de la puerta para completar la marquesina como se muestra en la figura 9.



Figura 9. Marquesina terminada
Fuente: propia

Y para la parte mediciones se usó un Arduino Leonardo con un shield Ethernet para el almacenamiento de datos obtenidos por los sensores AM2302 (a la final se optó por usar AM2302 ya que tienen una mejor resolución en comparación a los DHT11), estos sensores entregan datos mucho más exactos.



Figura 10. Arduino Leonardo
Fuente: fuente



Figura 11. Sensor AM2302 en la parte superior de la marquesina
Fuente: propia

6. Resultados del proyecto

Con la marquesina finalizada y con el uso de una aplicación (Seek thermal para Iphone) se pudo corroborar que, efectivamente, al interior de la marquesina se concentraba más la temperatura notándose en el piso un color azul que según la escala de distribución térmica de la izquierda de la figura 10, cercano a los 30°C..

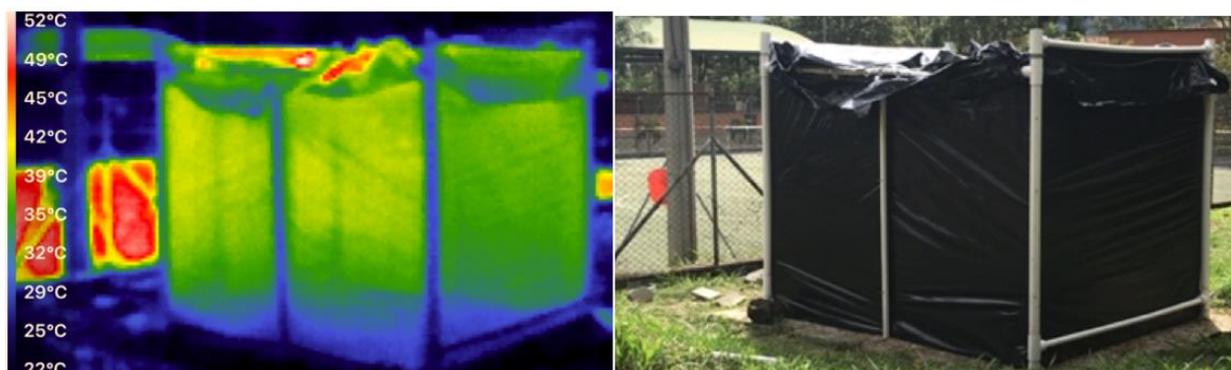


Figura 12. Imagen térmica de la marquesina

Fuente: propia

Lo mismo se nota al interior (figura 13), cuando se tomó una fotografía con la cámara termo gráfica al interior, se observa en el techo un nivel de temperatura de 57°C, en un nivel intermedio de 36 °C y en el piso de 33°C.

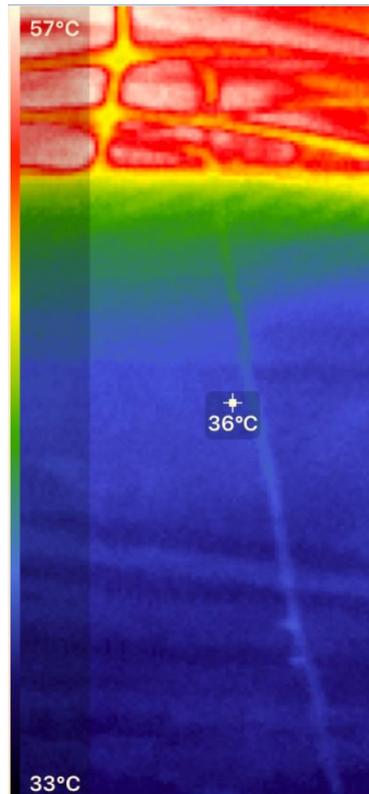


Figura 13. Temperatura interna de la marquesina
Fuente: propia

Con esta parte finalizada se dio comienzo a la parte final del proyecto, las mediciones. Para este apartado se decidió utilizar un sistema diseñado en Arduino Leonardo con el fin de que se tome repetitivamente datos de temperatura y humedad con la ayuda de los sensores AM2302 a diferentes alturas, en este caso en específico se tomó cada 22 segundos. Durante varios días se pudo notar que la temperatura interna de la marquesina cambia dependiendo de la altura y corroborando lo entregado por la cámara termo gráfica, indicando que a mayor altura dentro de la marquesina mayor temperatura teniendo problemas de humedad en el nivel del piso, cabe mencionar que el alcance de este proyecto está limitado a la cámara sin sistema de ventilación aunque se nota falta de evacuación de la humedad inferior rápidamente posterior a los periodos de lluvia, para que toda la cámara reduzca el contenido de humedad uno se presente una saturación tan prolongada.

En los datos obtenidos se pueden observar distintos comportamientos tales como:

- La temperatura interna de la marquesina en el nivel del piso es normalmente más baja a las demás temperaturas internas de la marquesina cuando aún hay radiación solar, y en la

noche es levemente superior a la temperatura del piso a la de los puntos altos de la marquesina, (aproximadamente 1 °C más caliente) (ver figuras 14 y 15).

- En el día se puede observar claramente que la temperatura dentro de la marquesina cerca al techo, es mucho mayor a la exterior, aproximadamente unos 19 °C. de diferencia.

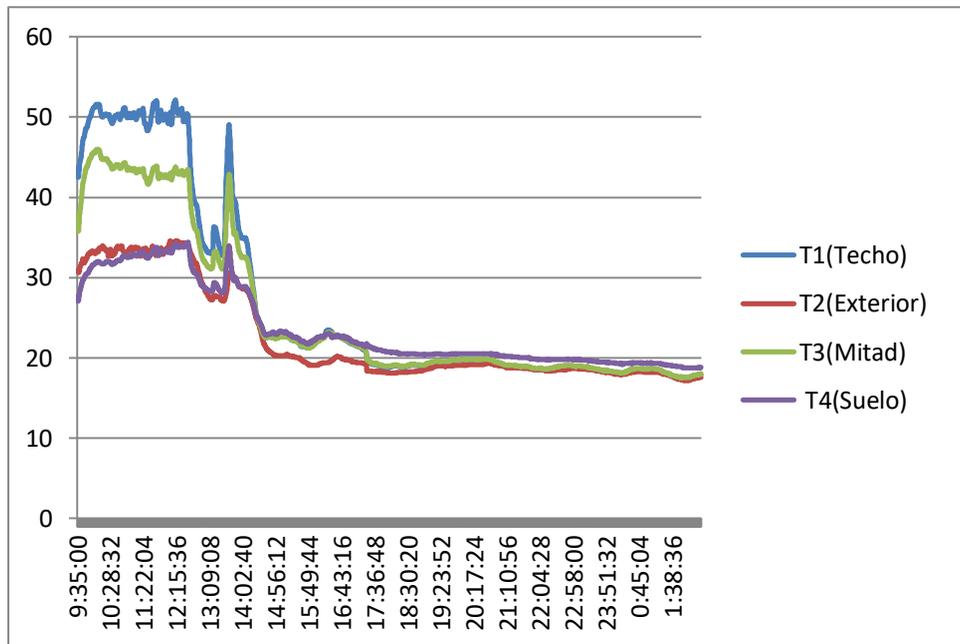


Figura 14. Temperatura en grados centígrados día 1
Fuente: propio

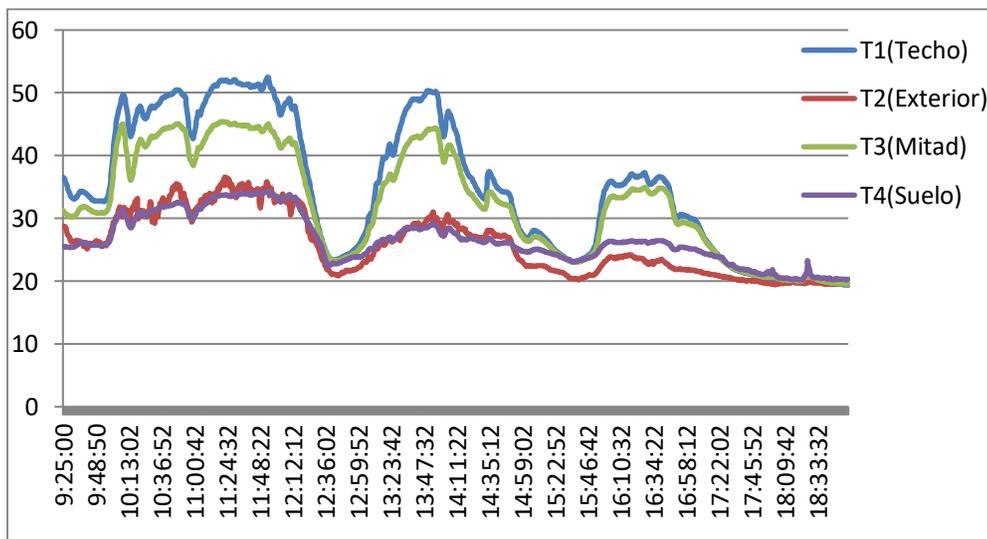


Figura 15. Temperatura en grados centígrados día 2
Fuete: propio

- La humedad (ver figuras 16 y 17) es lo opuesto a la gráfica de temperatura, donde la humedad en el piso es la mayor y la humedad en el techo la menor.
- Al comparar las gráficas de temperatura y humedad, cuando la temperatura es alta se puede observar que la humedad en el interior de la marquesina es menor a la del exterior en los niveles altos, techo y mitad, pero mientras la temperatura del exterior es baja, como en las noches, se ve como aumenta la humedad dentro de la marquesina.

Al mismo tiempo que estas mediciones se realizaban también se realizó las mediciones de la radiación solar con el instrumento de medición piranómetro con el cual se pudo contrastar con la temperatura interna de la marquesina y se pudo observar que cuando la temperatura interna alcanzaba su máximo valor, el piranómetro mostró unos 1045 w/m² e inversamente cuando la temperatura era la más baja, cuando llovía por ejemplo, el piranómetro mostró unos 200 w/m².

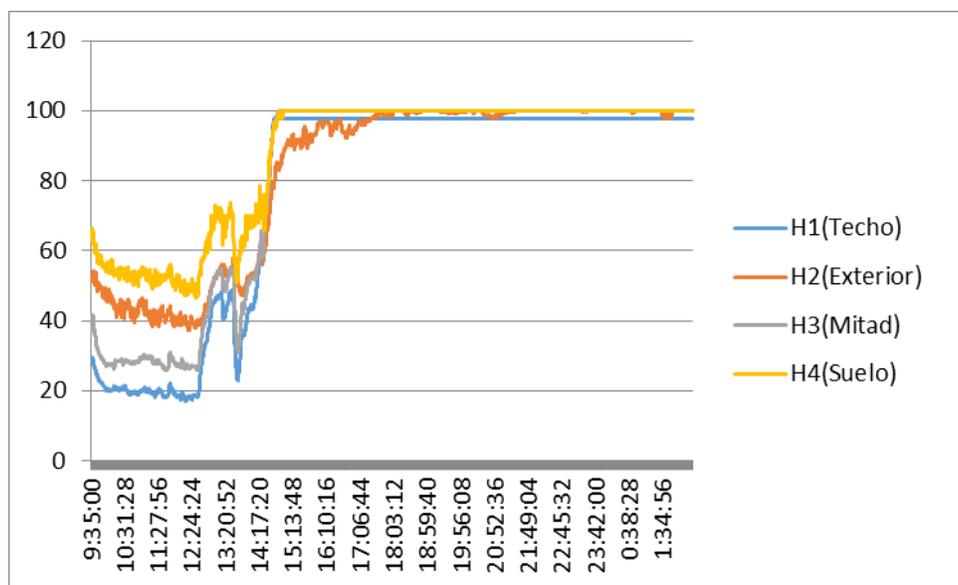


Figura 16. Porcentaje de humedad en el aire día 1
Fuente: propio

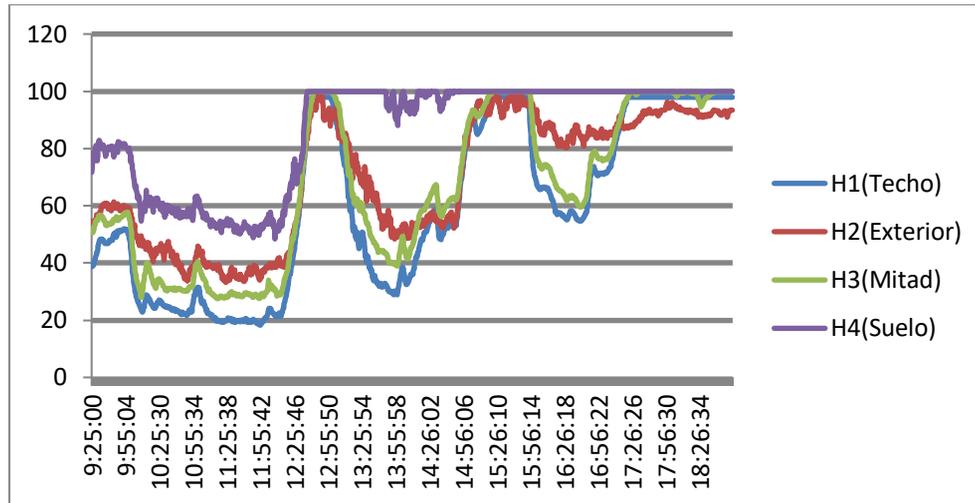


Figura 17. Porcentaje de humedad en el aire día 2
Fuente: propio

7. Conclusión

- El análisis térmico mediante cámara termo gráfica, indica una concentración variable de temperatura ala interior de la marquesina, lo que demuestra el almacenamiento de calor.
- Por otra parte, en la variable de la humedad se pudo observar como el piso tiene una magnitud mayor a la del ambiente y a la de los otros dos niveles y mantiene constante su valor en saturación durante los periodos de lluvia incluso manteniendo una inercia cuando cesa la lluvia y aumenta nuevamente la radiación.
- La distribución de la temperatura en dirección vertical dentro de la marquesina, se presentó de forma proporcional a la ubicación de los sensores, siendo la máxima temperatura alcanzada en la parte superior llegando a valores cercanos a los 55°C cuando la radiación máxima se con el piranometro registró 1045 w/m².

8. Recomendaciones

Para futuros proyectos, podría implementarse un sistema de alarma y ventilación para evacuar la humedad dentro de la marquesina, más concretamente en la zona del piso

Otra recomendación puede ser el uso de un sistema que envíe los datos por medio de la red a un servidor donde se almacenen los datos cada cierto tiempo con el objetivo de tener acceso fácil y remotamente a la información recolectada en el interior y exterior de la cámara.

Si se desea también se podría hacer uso de una cámara térmica que esté programada para que tome cada cierto tiempo una foto y así tener una mejor perspectiva de los cambios térmicos que se producen al interior de la marquesina en el transcurso de un día.

9. Bibliografía

- Almada, M., Caceres, M. S., Machain-Singer, M., & Pulfer, J. C. (2005). *guia de uso de secadores solares para frutas, legumbres, hortalizas, plantas medicinales y carne*. Asuncion, Paraguay: Comunicacion visual.
- Bolea, Y., Grau, A., & Miranda, A. (2012). SDsim: A novel simulator for a solar drying processes. Barcelona, España.
- Castro Restrepo, D., Díaz García, J. J., Serna Betancur, R., Martinez Tobón, M. D., Urrea, P. A., Muñoz Durango, C., & OsorioDurango, E. J. (2013). *Cultivo y Producción de Plantas Aromáticas*. Rionegro: Universidad Católica del Oriente.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2012). *Termodinámica*. New York: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
- Chachan, R. (1 de Diciembre de 2014). Diseño de un dispositivo de monitoreo de temperatura y humedad. Rourkela, Orissa, India.
- Kumar, S., I, G., Raj, D., SK, P., & Sarathkumar, S. (Septiembre de 2016). Regador inteligente autonomo con reconocimientos de plantas con red neuronal. Conchin, Kerala, India.
- Nergiza. (27 de Junio de 2013). *Radiación, conducción y convección_ tres formas de transferencia de calor_ Nergiza*. Recuperado el 2 de 2017, de <https://nergiza.com/radiacion-conduccion-y-conveccion-tres-formas-de-transferencia-de-calor/>
- Palacio, J. A., Cadavid, B. E., & Agudelo, D. E. (29 de Junio de 2016). Sistema tipo marquesina de doble camara, para el deshidratado de plantas aromaticas y medicinales empleando energia solar. Medellin, Antioquia, Colombia.
- Phusampao, C., Nilnont, W., & Janjai, S. (2014). Performance of a greenhouse solar dryer for drying macadamia nuts. Thailandia.
- Potter, M. C., & Scott, E. P. (2006). *Termodinámica*. Mexico, D.F.: Thomson.
- Taylor & Francis Group, LLC. (2013). *intelligent sensor networks*. florida, boca raton: Fei Hu Qi Hao.
- Velasquez Santos, C. O., & Acevedo Alvarez, C. A. (2014). Procedimiento para deshidratacion de oregano utilizando gas propano como combustible. Medellin, Antioquia, Colombia.