
CAPITULO II

COMPONENTES Y FUNCIONAMIENTO DEL DESHIDRATADOR DE FRUTAS

Actualmente, los precios de los combustibles fósiles se incrementan y en consecuencia la contaminación ambiental. Pero también, se están fortaleciendo los estudios de las energías renovables como una alternativa, para satisfacer de las necesidades energéticas. La disponibilidad y características de las energías renovables no se comparan en su totalidad con los combustibles fósiles que, permite garantizar el suministro parcial de energía, de forma limpia y en armonía con el medio ambiente. Sin embargo, ante los desarrollos continuos en la investigación de los diferentes tipos de generación de energías renovables, no se descarta que, en un futuro próximo se iguale en calidad y rendimiento a la energía que, hoy abastece el petróleo.

Se denomina energía renovable, a la energía que se obtiene de fuentes naturales virtualmente inagotables, unas por la inmensa cantidad de energía que contienen, y otras porque son capaces de regenerarse por medios naturales.

Las energías renovables utilizadas actualmente:

- Energía Eólica
- Energía Hidráulica
- Biomasa
- Geotérmica
- Energía Solar

La energía solar se fundamenta en el aprovechamiento de la radiación solar, para transformarla en energía térmica, que se aprovecha en forma de calor o bien convertirla en electricidad.

La principal ventaja de la energía solar es que, no consume combustible, que no significa ahorrar en lo económico y los sistemas son viables y estables en un largo plazo. La desventaja es que, su inversión inicial es mayor en lo económico, pero desde en lo ecológico la energía solar no tiene competencia, es renovable y limpia.

Los principales motivos que hacen que, estos sistemas aprovechen la energía solar, como una alternativa atractiva:

Aspecto económico: Inicialmente el costo de los sistemas de captación de energía solar es mayor que, un convencional de gas o de electricidad. Sin embargo, el sistema solar utiliza la energía gratuita del sol, mientras que, el deshidratador convencional utiliza gas de origen fósil y del que utiliza electricidad que, no son gratuitos. Los costos acumulados implican el pago de

mes a mes del combustible o de la energía eléctrica, se llega a igualar los costos realizados en la instalación de un sistema solar.

Independencia energética: Contar con un sistema de deshidratación solar implica disponer de una mayor independencia energética, con respecto a las compañías de gas o de electricidad, con sus incrementos de precios o los posibles problemas de suministro.

Aspectos ecológicos: No menos importante que, lo anterior es la implicación ecológica que, conlleva el adquirir un deshidratador solar. Al no utilizar la combustión para, el calentamiento del aire, u otro fluido específico, se deja de liberar una gran cantidad de anhídrido carbónico a la atmósfera y de contribuir al calentamiento global y a la contaminación atmosférica.

Nuestro país cuenta con un alto potencial de energía solar, debido a esto, no se aprovecha para la generación de energía eléctrica, sino también para el calentamiento sensible de agua caliente sanitaria (A.C.S.) y de aire. Como un ejemplo muy concreto del uso de las energías renovables, específicamente de la energía solar, se presenta el análisis y caracterización de un sistema solar de calentamiento de aire, para el deshidratado de frutas.

Los estudios realizados sobre la utilización de la energía solar en el proceso de calentamiento de fluidos en nuestro país, comprende el presente trabajo realizado con el objetivo de caracterizar un deshidratador de frutas, a través de aire caliente por medio de energía solar.

2.1.- COMPONENTES DE LOS DESHIDRATADORES DE FRUTAS

La deshidratación de frutas, es un proceso simple en el que únicamente se retira el porcentaje de agua de la fruta y de esta manera se le permite prolongar su vida, conservando sus propiedades nutritivas. La ventaja de este proceso es que no se altera químicamente el producto para preservarlo.

Existen varias formas de calentar aire, para lograr el deshidratado de frutas, la que comúnmente se utiliza es la del calentamiento directo o indirecto del aire a través de los combustibles fósiles o energía eléctrica. Pero las dos formas citadas anteriormente, dependen de energías agotables y contaminantes. La energía solar, se plantea como una energía limpia e inagotable, sin embargo, aún con el uso de este tipo de energía, existen métodos rudimentarios de deshidratación de secado directo al sol, en donde no se garantiza la calidad del producto que se deshidrata ni el aprovechamiento de la energía solar.

El utilizar en forma óptima la energía solar, en el calentamiento de aire, se aplica en los procesos de deshidratación; en donde existe un conjunto de elementos cuyo fin es el de aprovechar al máximo la energía solar térmica. Los elementos que constituyen los sistemas con procesos de deshidratación son:

1. Colectores solares planos

2. Ductos para el transporte de aire
3. Cámaras de deshidratado.

Cada uno de los elementos citados tiene una función específica dentro del proceso de deshidratado.

Los colectores solares, tipo escalera, son los dispositivos encargados de transformar la energía solar en energía térmica que, es transmitida a una masa de fluido; en nuestro caso el aire. En el estudio se cuenta con el total del área de captación que, corresponde a la cubierta del deshidratador solar, que se le denomina el prototipo la eficiencia con que transforman la energía.

Los ductos con aire son los elementos que interconectan los dispositivos que, componen los procesos del deshidratador, se encuentran recubiertos de material aislante. En estos ductos, se han medido algunas propiedades del aire, para determinar la capacidad del sistema en la conducción del fluido de trabajo. Se generó una metodología para llevar a cabo tales mediciones con el equipo disponible.

Para lograr analizar el comportamiento del sistema se utilizan sensores y dispositivos electrónicos, para obtener datos, en un monitoreo interno del sistema en un periodo de tiempo. Este deshidratador no es para fines didácticos, se construye como un proceso de deshidratación, pero se tiene acceso a los sitios medibles del fluido de trabajo.

Las cámaras de deshidratado, son prácticamente cajas herméticas en donde se ubica el producto que, se deshidrata en rebanadas, donde se absorbe el aire atmosférico, donde este flujo másico entra por la parte inferior de la estructura, para circular y se pueda calentar entre 65 a 75 °C, que se absorbe por los extractores con energía directa, que la genera el módulo fotovoltaico de 100 Watts, para que absorba la humedad del producto a deshidratar. La de la estructura en forma de escalera, se considera una cámara de deshidratación, tienen extractores que, promueven la turbulencia del aire caliente, para acelerar el proceso del retiro de la humedad del producto.

En este proyecto se ha generado un análisis teórico aproximado del funcionamiento de los colectores solares y de las condiciones del aire a su ingreso a las cámaras de deshidratado. Estos análisis se han comparado con las mediciones reales para verificar la aproximación alcanzada. Los resultados obtenidos han sido satisfactorios, por lo que los estudios aquí presentados pueden tomarse como una referencia, para futuras construcciones de deshidratadores en nuestro país.

2.2.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL DESHIDRATADOR.

En los sistemas energéticos de estudio, se realiza el proceso de deshidratado de frutas a través de los sistemas solares, para esto el sistema cuenta con varios componentes que, realizan diferentes actividades: de calentamiento del aire en las cámaras secadoras.

Los componentes del sistema que se utilizan para llevar a cabo estas actividades son: estructura del deshidratador solar, cámaras de secado y ductos para el transporte de aire caliente.

A continuación, se presenta una descripción del funcionamiento de cada uno de los componentes que, conforman el sistema de deshidratado de frutas por medio de energía solar.

2.3.- DESHODRATADPR SOLAR TIPO ESCALERA DE PLACA PLANA.

El componente importante de un deshidratador solar, es el fluido de trabajo que, se utiliza es el aire. Se analiza, la energía solar incidente que, tiene que atravesar una o varias cubiertas de vidrio u otro material transparente, antes de llegar a las charolas, donde se localizan los productos a deshidratar, sobre una malla de plástico tipo alimenticio que, donde el aire caliente, pasa por la superficie de la fruta, para absorber su humedad, pero el aire caliente se satura o se humedece, y se tiene que, retirar con extractores de baja velocidad, que se localiza en la parte superior de la pirámide que, es accionado por un sistema fotovoltaico de 100 Watts, como se muestra en la figura 2.1.

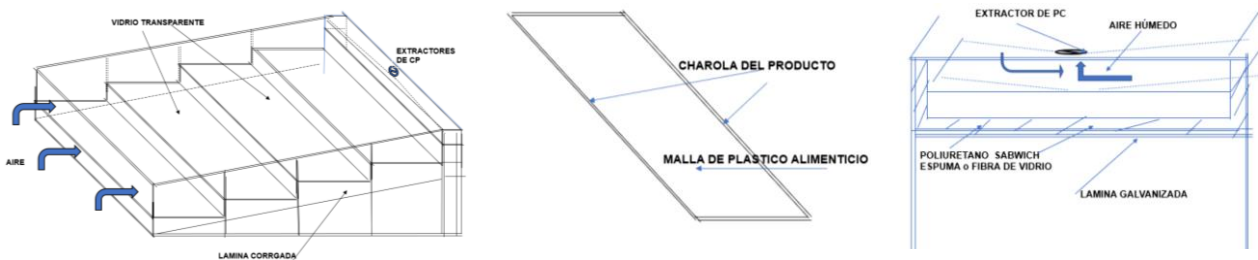


Figura 2,1.- Funcionamiento del proceso de calentamiento del aire y deshidratación de la fruta

La cubierta transparente, transforma la energía radiante en térmica, que se transfiere por convección al fluido de trabajo, en este caso aire, y finalmente remueve la energía térmica del aire, o a un tanque de almacenamiento térmico, llena de piedras, para volver a sobrecalentar el aire, para diferentes aplicaciones. El deshidratador solar plano se muestra figura 2.2.



Figura 2.2.- Partes de un colector solar, para el calentamiento de agua y aire.

Este es el equipo que transforma la energía solar en energía térmica, que se transmite a una masa de fluido, en este caso es el aire atmosférico. Se describe básicamente como una cámara cerrada, aislada térmicamente que consta de dos elementos principales: una cubierta transparente y un absorbedor, como se muestra en la figura 2.3.

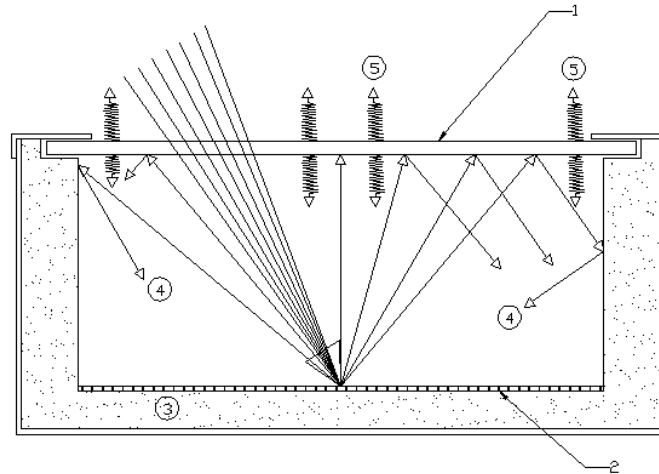


Figura 2.3.- Ilustración del efecto invernadero en un corte transversal de un colector teórico. 1. Cubierta transparente. 2. Fluido de trabajo aire que, pasa por la Fruta fresca. 3. Aislamiento. 4. Radiación reflejada en el interior del colector. 5. Radiación emitida por la cubierta al calentarse.

La cubierta transparente, permite el paso de la radiación solar al interior del deshidratador, evita la salida de las radiaciones reflejadas por las paredes y las emitidas por el absorbedor.

El absorbedor, son las charolas donde se localiza la fruta fresca que, se va deshidratar y su misión es recibir la radiación solar, transformarla en calor y transmitirla al fluido de trabajo, que es aire, para que pase por la superficie de la fruta y absorba su humedad.

La radiación emitida por el absorbedor, depende de la temperatura que éste tenga, pero en condiciones normales de funcionamiento emite radiación, con una longitud de onda de un rango de 4.5 y 7.2 μm , para una cubierta de vidrio o plástico transparente opaco, para incrementar el efecto invernadero dentro del colector.

El deshidratador solar, el efecto invernadero se comporta como el que, se muestra en la figura 2.3. Es decir, a medida que se incrementa la temperatura en el colector, la cubierta transparente de vidrio o plástico, comienza a emitir radiación. Aproximadamente la mitad de esta radiación, se emite al medio ambiente y no se recupera, pero la otra mitad, regresa al interior y contribuye a calentar más la superficie del absorbedor. Este fenómeno se le denomina efecto invernadero.

2.4.- DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DEL DESHIDRATADOR SOLAR PLANO

Los equipos que integran al deshidratador solar son:

- Cubierta transparente
- Absorbedor, charolas donde se encuentra la fruta fresca.
- Estructuras del deshidratador
- Aislante térmico
- Fluido de trabajo

Así también, se deben considerar:

- Extractores de aire, sensores, conexiones y ductos.
- Instrumentos de medición.
- Tarjetas Arduino y Raspberry Pi

2.4.1.- CUBIERTA TRANSPARENTE

La cubierta de policarbonato o vidrio templado transparente, permite la entrada de la radiación solar hasta el aire que, circula en el ducto y pasa por las charolas que contienen la fruta fresca, sirve también para minimizar las pérdidas de calor por radiación y convección hacia el medio ambiente por la parte superior del deshidratador, como se muestra en la figura 2.4 y 2.5.



Figura 2.4.- Cubierta de policarbonato transparente utilizada como cubierta.

Propiedades de la cubierta de policarbonato transparente

- Material: policarbonato celular
- Espesor: 6 mm
- Transmisión de la luz: 89 % (cristal satinado); 68% (opale satinado).
- Temperatura de empleo: -40 °C +120 °C.
- Transmitancia térmica: $\left(2.8 \frac{\text{Kcal}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}\right)$ o $\left(3.3 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \text{ K}}\right)$
- Resistencia al choque accidental: 1.200 Joule.
- Dilatación térmica lineal: $6.5 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$; $0.065 \frac{\text{m}}{\text{m } ^\circ\text{C}}$

- Reacción al fuego: Clase1 (ITALIA).

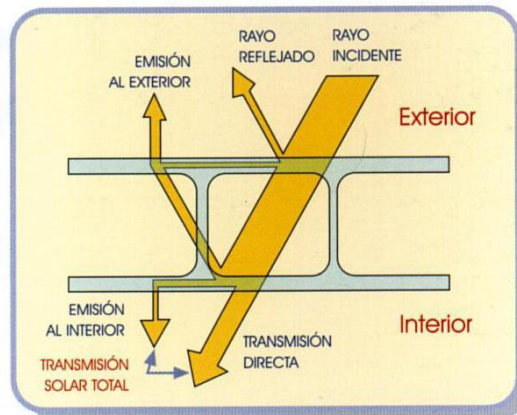


Figura 2.5.- Función de placa transparente

2.4.2.- PLACA DE| ABSORCIÓN

Las placas de absorción están formadas por las charolas donde se localizan las frutas a deshidratar, se utilizan varias charolas del deshidratador de absorción de la humedad del producto, que se adhiere al aire caliente que, entra por la parte inferior de la estructura.

Existe una diversidad de modelos de absorbedores en función del circuito del aire interno. En este deshidratador solar se utiliza el modelo más utilizado *en forma de escaleras*. El objetivo principal, es que el absorbedor optimice la captación, transmisión y evacuación de energía del aire caliente, como se muestra en la figura 2.6.



Figura 2.6.- Las charolas se localizan en los escalones de las estructuras.

Propiedades de la placa absorbidora:

- Material: Charola en forma de rectángulo de ángulo de aluminio, con mala de plástico tipo alimenticio.
- Espesor: 0.26 mm
- Absortividad del aire que pasa por la superficie del producto (α): 90%
- Reflectividad (ρ): 0.5%

- Conductividad térmica $\left(k = 401 \frac{W}{m \text{ } ^\circ C} \right)$
- Material: Aluminio y malla de plástico tipo aliminiticio.

2.4.3.- CARCASA O ESTRUCTURA DEL DEL DESHIDRATADOR

Junto con la cubierta, se tiene la estructura y el resto de los componentes del deshidratador que, los protege de la intemperie y proporciona rigidez al conjunto. El diseño del deshidratador debe mostrar resistencia mecánica, para soportar las condiciones de montaje y de uso. Así también, debe tener un buen comportamiento frente al medio ambiente exterior y a las condiciones de funcionamiento.

El diseño del deshidratador debe prever la dilatación térmica de todos los materiales que, lo componen, en particular se deben incorporar juntas elásticas entre la cubierta y la estructura. Este material, debe ser resistente a la radiación solar, a altas temperaturas y a la humedad. Su principal característica, es mantener las siguientes propiedades:

Que sea durable y conserve sus propiedades fundamentales.

Su peso lo más bajo posible que, facilita el montaje y disminuye las cargas sobre las cubiertas sobre las que se debe montar, como se muestra en la figura 2.7.



Figura 2.7.- Estructura completa del deshidratador solar.

Propiedades de la estructura:

- Material: Ángulo de acero de una pulgada estructural tipo pirámide.
- Color: natural.

La estructura del deshidratador bien diseñada desempeña tres funciones:

- 1) Constituye un recipiente hermético para la placa de absorción y los aisladores.
- 2) Permite fijar con firmeza el deshidratador a la estructura (el edificio).

3) Es un mecanismo de apoyo, hermético y seguro, para la cubierta.

2.5.- AISLAMIENTO TÉRMICO 5R

El aislante térmico, se aplica de espuma de poliuretano, poliestireno, lana de fibra de vidrio con papel de aluminio que, se coloca en la parte inferior y a los lados del deshidratador, para disminuir las pérdidas de calor al medio ambiente. Estas partes, que se mencionan, están dentro de la estructura que, sirve como parte estructural del deshidratador y se construye de diversos materiales como lámina metálica, madera o plástico. Así como los parámetros que se utilizan en el diseño y funcionamiento. El tipo de aislamiento que se utiliza en los costados y en la parte inferior del deshidratador solar, se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.8.- Material térmico de 5R, es el aislamiento térmico que se utiliza en el deshidratador solar.

Propiedades del aislante:

- Material: fibra de vidrio con papel aluminio, pantalla de vapor aluminizada de 5R grado aislamiento.
- Espesor: 1.5"

2.6.- FLUIDO DE TRABAJO (AIRE).

Las mezclas de gases, corresponde al aire seco y el vapor de agua, para su aplicación en los procesos de calefacción. Se definen las propiedades termodinámicas de esta mezcla que, es conveniente, para los cálculos de los procesos de calefacción y condensación. Estos procesos proporcionan resultado de un cambio de temperatura del aire húmedo o un cambio de la concentración de vapor de agua que, existe en el aire. Sin embargo, esta masa de aire no sufre cambio al pasar por el sistema de calentamiento, pero es conveniente hacer referencia a estas propiedades, entre ellas son la concentración de vapor y la entalpía específica de la masa de aire seco existente en la mezcla.

Si el aire es saturado, las temperaturas del punto de rocío, del bulbo húmedo y del bulbo seco son las mismas. La presión parcial del vapor de la mezcla en el proceso de saturación correspondiente al punto de rocío, no a la temperatura de bulbo húmedo; y si no existe condensación ni evaporación, permanece constante mientras la presión total también se mantenga constante.

El nivel de temperaturas y humedades del aire acondicionado, para confort cae dentro de una pequeña banda. La localización de esta banda en la carta psicrométrica que, depende de la estación del año y del tipo de aplicación.

Propiedades del fluido circulante en el deshidratador solar plano.

- Fluido: Aire seco y (H₂O)
- Temperatura (t) = 25 °C
- Calor específico $C_p = 1,00345 \frac{J}{Kg \text{ } ^\circ C}$
- Densidad $\delta = 0.895434 \frac{m^3}{Kg}$

2.7.- ACCESORIOS

Los conductos son elementos estáticos, donde circula aire en su interior y esta conectado a los accesorios del sistema; como la aspiración, las unidades de tratamiento, los locales a acondicionar, el retorno y la evacuación del aire viciado.

La distribución del aire en los sistemas debe ser uniforme, para evitar corrientes molestas en los lugares a deshidratar. Para esto, es necesario que la colocación de los registros a la entrada y salida, se hagan con calidad, a fin de dimensionar correctamente los conductos del aire calentado.

Las condiciones térmicas del aire, que circula por el interior del conducto son diferentes al aire exterior, que se encuentra en el local a deshidratar la fruta, lo que produce una transferencia de calor entre las dos masas de aire. Por lo tanto, si esta transferencia es mayor, es debido a corrientes de aire incómodas, que afectan a las condiciones de la cámara deshidratadora. A consecuencias de estos fenómenos, existe el riesgo de condensación en las paredes del conducto, debido al enfriamiento localizado del aire con grado elevado de humedad relativa (Θ).

2.8.- INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.

Para conocer el correcto funcionamiento del deshidratador solar, es necesario conocer los instrumentos de medición que, midan irradiancia, temperatura y humedad, así como también, la medición de la velocidad del viento.

2.8.1.- MICROCONTROLADOR ARDUINO

Es un subsistema de adquisición de datos y control, está integrado por tres sensores de humedad y temperatura, tres actuadores para control del flujo de aire e interfaces de entrada, salida y comunicaciones. Para realizar el monitoreo fue necesario implementar un dispositivo capaz de leer valores analógicos. En este caso se optó por utilizar un sistema Arduino capaz de realizar este proceso, que se muestra en la figura 2.9.

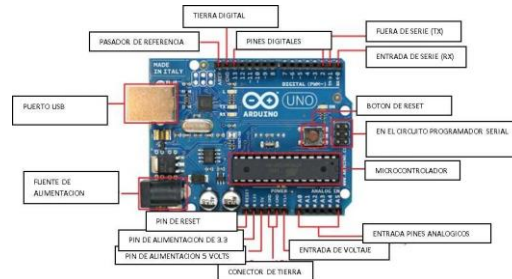


Figura 2.9.- Componentes del microprocesador denominado Placa Arduino.

Este dispositivo es una plataforma de [hardware libre](#), basada en una [placa](#) con un [microcontrolador](#) y un [entorno de desarrollo](#), diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios. Contiene 14 pines digitales de entrada / salida, 6 son utilizados como salidas PWM y 6 entradas analógicas, un 16 MHz resonador cerámico, una conexión USB, un conector de alimentación, un header ICSP y un botón de reinicio. Tiene lo necesario, para que el microcontrolador ATmega328, se conecte a un ordenador con un cable USB y se alimenta con un adaptador de corriente AC a DC, con un rango de 7 a 12 voltios.

La Computación física, significa la construcción de sistemas interactivos físicos mediante el uso de software y hardware que, sienten y responden al mundo analógico. Esta definición es amplia que, abastece aspectos como sistemas inteligentes de control, de tráfico de automóviles, de procesos de automatización de fábricas, de diseño de proyectos que utilizan sensores y microcontroladores, para traducir entradas analógicas a sistemas basados en software y controlar dispositivos electromecánicos, como motores, servos, iluminación u otro hardware.

Arduino incluye un monitor en serie, que permite enviar los datos simples de texto. Las RX y TX LED localizados en el tablero parpadean, cuando están transmitiendo los datos con el chip de USB en serie y al ordenador con USB, pero no para la comunicación en serie en los pines 0 y 1.

Para trabajar con Arduino, se implementa utilizar el programa Entorno de programación a la placa que, se descarga de la página Web de Arduino, existen versiones para Windows y para MAC, así como las fuentes para completarlas en LINUX.

Como elementos de entrada se utilizan tres dispositivos de última generación SHT15 con salida digital, que integran sensores de humedad relativa y temperatura, amplificadores, convertidor analógico-digital de 14-bits, memoria OTP, registros e interfaz en serie. Se utilizan estos dispositivos para garantizar las mediciones confiables en rangos del 0-100% de humedad relativa y hasta 123.8 °C, como temperatura máxima, de acuerdo a las características del proveedor.

Todos los componentes de los subsistemas son importantes, lo cierto es que la adquisición de datos representa el punto de partida del proceso, porque los valores de las variables capturados permitan realizar las acciones de control en los momentos en que, se cumplan las condiciones predefinidas.

En este sentido, el uso de sensores con salida digital facilita la adquisición de datos al simplificar, incrementar la confiabilidad del sistema, como se muestra en la figura 2.10.

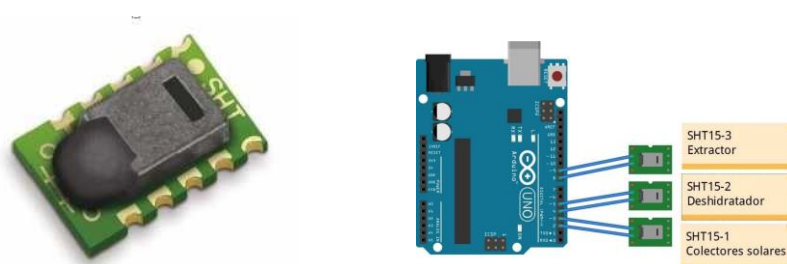


Figura 2.10.- Conexión de sensores de humedad y temperatura SHT15 al sistema Arduino Uno.

Los sensores de temperatura SHT15 se colocaron en lugares estratégicos de los colectores solares planos, como a la entrada del deshidratador se considera la temperatura ambiente y salida del mismo deshidratador, para analizar su rendimiento térmico, donde se obtiene el aire caliente final que, en su recorrido por el túnel del deshidratador, absorbe la humedad del producto que, se va a deshidratar.

2.8.2.- MINIORDENADOR RASPBERRY PI

El subsistema de monitoreo en tiempo real incluye visualización gráfica de los parámetros del deshidratador, administración de una base de datos e interfaz de comunicaciones. En este caso se utiliza una microcomputadora Raspberry Pi modelo B, es un ordenador de placa reducida con dimensiones de 8,5 por 5,3 cm, se comercializa con chip integrado Broadcom BCM2835 que, contiene un procesador ARM11176JZF-S con varias frecuencias de funcionamiento y la posibilidad de subirla (overclocking) hasta 1 GHz sin perder la garantía, es un procesador gráfico VideoCore IV, con 512M de RAM, con la posibilidad de reproducir vídeo en 1080p. Así también, tiene una salida de vídeo y audio a través de un conector HDMI, que se conectar a televisores y monitores con esta

conexión y se agregan las salidas de vídeo compuesto y de audio a través de un minijack y compatible con teclado y ratón.

Posee una conexión de internet 10/100, pero no tiene conexión Wi-Fi, gracias a los dos puertos USB incluidos, sin embargo, se sustituye con un adaptador Wi-Fi USB de terceros. Los puertos tienen un límite de corriente, si se conectan discos duros u otro dispositivo, tendrá que hacerlo a través de una alimentación hub USB.

Este ordenador no tiene almacenamiento, pero en su parte inferior tiene un lector de tarjetas SD, para reducir costos y espacio con la posibilidad de instalar un sistema operativo en una tarjeta de memoria de 1 GB o más. Para su alimentación se utiliza un cargador móvil con conexión micro USB, que proporciona una corriente de 750 mA, pero se recomienda de 1 A, como se muestra en la figura 2.11.

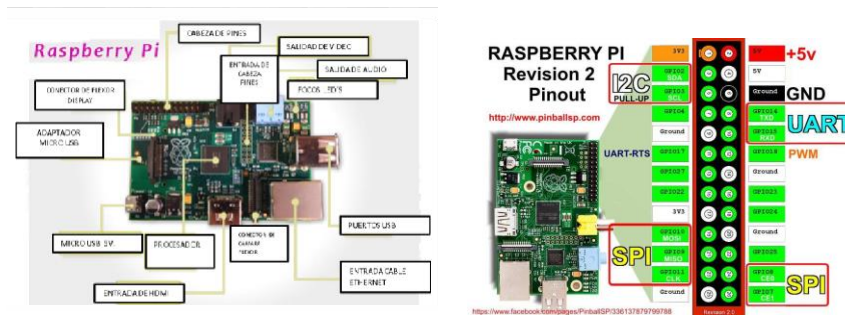


Figura 2.11.-Localización de los componentes del Raspberry Pi.

De la página web de Raspberry Pi, se descargan los sistemas operativos para cargar la tarjeta SD, como la distribución Raspbian, derivada de Debian, Wheezy, Arch Linux y RISC OS. También se trabaja en la posibilidad de utilizar Abdroid, como sistema operativo.

El puerto de entrada/salida para propósitos generales (GPIO) son pines, que se comunican al Raspberry Pi con otros componentes y circuitos electrónicos. No todos los pines están habilitados para utilizarse, es decir, que no están conectados a un equipo externo o al mismo microprocesador, debido que cualquier conexión daña la tarjeta. Otros pines tienen la función de utilizar los protocolos I2C, SPM, otros habilitados para utilizarse del PWM, Tx, Rx y un par de pines son de alimentación de 5v y 3.3v.

2.8.3.- PIRANÓMETRO.

Con este equipo se mide la Irradiancia solar directa, que incide sobre la superficie de apertura del deshidratador solar plano, como se muestra en la figura 2.12.



Figura 2.12.- Equipo que nos mide la Radiación solar directa al colector solar plano.

Características:

Su pantalla digital de cuarzo muestra instantáneamente la lectura de la irradiancia, con una tolerancia de $\pm 3\%$ a $1000 \frac{W}{m^2}$ y con capacidad de lectura de hasta $2000 \frac{W}{m^2}$.

2.8.4.- ANEMÓMETRO.

Se utiliza para medir la velocidad del viento, que produce la transferencia de calor por convección en los alrededores inmediatos del deshidratador solar. Se coloca a una altura media del equipo solar, para también obtener la temperatura del viento y es ubicado donde no exista obstrucciones que, proyecte sombra sobre el deshidratador solar durante las pruebas experimentales, como se muestra en la figura 2.13.

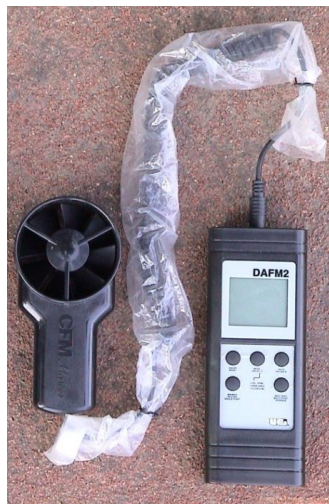


Figura 2.13.- Termo-Anemómetro digital del viento.

Características:

- Abanico de aspas libre asegura precisión a altas y bajas velocidades.

- Para medir velocidades de aire, velocidades del viento.
- Indica velocidad y temperatura al mismo tiempo.
- Temperaturas en grados °C y °F, rango de -10 a 50 °C (de 14 a 122 °F).