
CAPITULO III

RENDIMIENTO DEL DESHIDRATADOR SOLAR Y EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN

Este capítulo muestra la construcción y metodología del deshidratador solar, para evaluar la eficiencia energética que, consiste en construir una estructura de ángulo de una pulgada tipo escalera, con un largo de 2,60 m y 1,50 m de ancho; la parte superior tiene una altura de 1,14 m y en la parte inferior de 0,20 m, con un ángulo de 20°; en cada escalón se localizan las charolas, donde se coloca el producto mencionado, con un área de 0,50 x 1,50 m que, con una malla de plástico tipo alimenticio, para realizar el proceso de calentamiento de aire con energía solar, para sustituir el combustible hidrocarburo de gas L:P: o natural. Este deshidratador se coloca en la azotea y en lugares, donde no le afecte la sombra de otros edificios y árboles.

La característica importante de los deshidratadores solares, es conocer su eficiencia que, se define, como la razón entre la energía útil y la energía total recibida.

3.1.- CURVA DE FUNCIONAMIENTO DEL DESHIDRATADOR SOLAR.

Esta curva de funcionamiento, permite determinar el rendimiento de operación del deshidratador instalado que, permite evaluar con que rendimiento transforman la energía de la Irradiación solar en energía térmica.

3.2.- ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL DESHIDRATADOR SOLAR.

En el Tecnológico Nacional de México Campus Acapulco, se deben realizar las pruebas experimentales del deshidratador solar que, demuestran la funcionalidad del sistema de deshidratación solar en el calentamiento del fluido de trabajo, que corresponde al aire. La metodología de las pruebas experimentales está sometidos a las mediciones de las temperaturas, para obtener el rendimiento térmico del fluido de trabajo y de su estructura física.

Estas pruebas se deben realizar en el prototipo experimental que, se encuentra instalado en el laboratorio de Ingeniería Electromecánica del Departamento de Metalmecánica del Tecnológico Nacional de México (TecNM) Campus Acapulco. Para evaluar el deshidratador solar, se hace uso de los métodos de prueba que, especifica la Norma **NMX-ES-001-NORMEX-2005**. Es decir que, esto funciona para fines educativos y que a la vez cumple con todos los requisitos necesarios, para poder obtener datos certeros acerca de la instalación en estudio.

Si el deshidratador solar, exenta todas las pruebas de funcionalidad especificadas por esta Norma y sometido a las pruebas de rendimiento térmico, se otorgara la certificación correspondiente.

Las pruebas de funcionalidad y rendimiento térmico del colector solar plano, se realizan de acuerdo a la siguiente secuencia:

1. Inspección a la recepción del del deshidratador solar.

En esta prueba el método es solo visual para verificar a que clasificación pertenece el deshidratador, si a los colectores solares planos, si está en buen estado y que cumpla con todos los componentes necesarios para las pruebas a ser sometido

- El deshidratador solar que, se evalúa es del tipo “Colector solar metálico cubierto”.
- Utiliza el sistema de circulación forzada, es decir un ventilador, es la que hará circular el aire por la estructura del deshidratador, para ras pruebas experimentales.

2. Presión estática previa a la prueba de exposición a la radiación solar durante treinta días.

En esta prueba se hace verificar, que la cámara absorbedora en el interior del deshidratador solar no presente fugas o una mala soldadura entre sus uniones, que es capaz de soportar presiones altas, así como también si sus instrumentos de medición, están en buen funcionamiento.

3. Exposición a la radiación solar durante treinta días.

Esta prueba verifica que tanto el exterior como el interior del deshidratador solar es capaz de soportar la temperatura que, se genera por la radiación Solar.

4. Choque térmico con rocío de agua.

Esta prueba nos indicara si la cubierta está completamente sellada y que las charolas, donde se coloca el producto estén resistente que, no haya sufrido algún daño en su soldadura o remaches, provocado por las diferentes temperaturas a la que se sometió.

5. Choque térmico con circulación de aire frío.

Para determinar el rendimiento térmico del deshidratador solar se deben realizar las siguientes pruebas experimentales que, nos indican el tiempo de respuesta del absorbedor para calentar al fluido y a diferentes ángulos:

6. Presión estática posterior a la exposición de treinta días.

7. Determinación de la constante de tiempo.

8. Rendimiento térmico.**9. Factor modificador por efectos del ángulo de incidencia de la radiación solar directa sobre el colector solar.****10. Desarmado e inspección final de los componentes del colector.**

Esta inspección es importante, porque se observa visualmente a gran detalle el interior del deshidratador solar plano que, con las pruebas experimentales de funcionalidad y de las pruebas de rendimiento térmico, no sufrió algún daño en el aislamiento, en las uniones soldadas y en la cubierta de vidrio, para que el aire absorbedor sea eficiente y en el recubrimiento de pintura.

3.3.- INSPECCIÓN A LA RECEPCIÓN DEL DESHIDRATADOR SOLAR.

Para establecer el buen estado inicial del deshidratador solar, se verifica si sufre cambios después de haberse sometido a las pruebas establecidas por esta Norma. Este se debe inspeccionar en sus características de mediciones, material, instrumentos de medición y hacer la documentación correspondiente antes de realizarlas.

Para obtener la gráfica de rendimiento, se utiliza este deshidratador, como una cámara deshidratadora, donde calienta el aire que, para por superficie del producto y absorba la humedad hasta un 85%. Este prototipo funciona para fines educativos y cumpla con los requisitos, para obtener datos certeros acerca de la instalación en estudio.

Esta gráfica de funcionamiento, se aplica en el análisis de un deshidratador de placa plana, que tiene como fluido de trabajo el aire. Este análisis, se realiza al prototipo del colector, que tiene un área captación de aproximadamente 4,02 m², que posteriormente se hace extensiva esta curva calculada, para obtener el conjunto de deshidratadores solares, para un sistema de deshidratación de frutas, que podría alcanzar un área solar de 60 m². Para obtener esta curva de eficiencia del deshidratador solar, se procede aplicar la Norma, propuesta por (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers) ASHRAE 93-77 [Solar Rating, www.solar-rating.org, mayo 2010]. Esta consiste en realizar mediciones de campo de la radiación solar, del flujo volumétrico, que se aplica al sistema, temperatura de entrada y salida del fluido de trabajo, que circula por el deshidratador solar. Todo esto es necesario, para obtener el calor útil, que el colector transmite al fluido de trabajo, contra el calor total recibido.

Para cada punto de medición se debe obtener la eficiencia instantánea, que es la característica importante de los colectores solares y se define como la razón entre la energía útil y la energía total recibida, como se muestra la siguiente fórmula:

$$\eta = \frac{Qu}{H_T Ac} \tag{3.1}$$

Pero antes debe encontrarse la cantidad de energía que, realmente se está depositando en el fluido de trabajo a través de la siguiente ecuación:

$$Qu = m Cp(T_o - T_i) \tag{3.2}$$

Para ver gráficamente el comportamiento de la eficiencia con respecto a los valores de la Irradiancia y las temperaturas de ingreso del fluido al deshidratador y la temperatura ambiente, se necesita generar el siguiente término, para cada momento de medición, se muestra en la relación siguiente:

$$\frac{Te - Ta}{G} \tag{3.3}$$

Tanto la eficiencia como este último término, se utilizan para construir la gráfica que muestra la tendencia que, debería seguir este tipo de deshidratador solar, como se muestra en la figura 3.1.

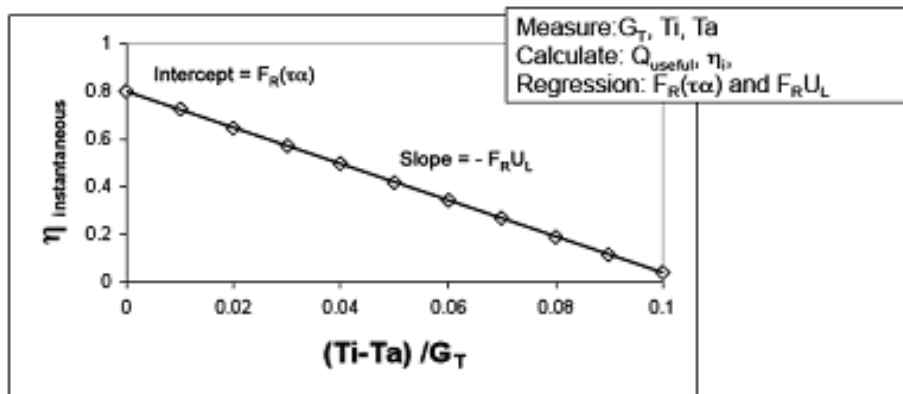


Figura 3.1.- Tendencia de la gráfica mostrada por ASHRAE Fuente: [ASHRAE Standard 93-97]

El objetivo final de todo el procedimiento es obtener esta gráfica, cómo muestra el comportamiento de la eficiencia en el deshidratador solar a medida que, aumenta o disminuye el cociente $\frac{Te - Ta}{G}$.

Sin embargo, la gráfica obtenida, aun con las deficiencias en las mediciones, presenta buenos resultados, porque, la eficiencia para este tipo de deshidratadores de acuerdo a pruebas estándares, muestran resultados similares.

3.4.- FUNDAMENTOS TEÓRICOS SOBRE EL DESHIDRATADO DE FRUTAS

La deshidratación es uno de los procesos más antiguos de preservación de alimentos. Los alimentos deshidratados, con mínima actividad de agua, los microorganismos no pueden proliferar y se detiene la mayoría de las reacciones químicas y enzimáticas de alteración.

El objetivo del secado es reducir el contenido de humedad de un producto, para lograr períodos de almacenamiento largos, sin pérdidas de sus propiedades nutricionales. La calidad y el costo de un producto deshidratado están influenciados fuertemente por la operación de secado. La calidad se evalúa por la cantidad de degradaciones físicas y bioquímicas que, ocurren en el alimento y depende de la temperatura y del tiempo de secado. Las ventajas del deshidratado es la preservación de productos post-cosecha.

3.5.- SECADO Y DESHIDRATACIÓN.

Ambos términos, se aplican a la eliminación del agua de los alimentos, la tecnología de los alimentos el término *secado* se refiere a la desecación natural, como la que se obtiene exponiendo el producto a la acción directa del sol. El éxito de esta técnica se le atribuye a su simplicidad y bajo costo. Bajo condiciones climáticas favorables, es posible obtener buena calidad de los productos.

El secado al natural presenta algunas desventajas que afectan la calidad de los productos son:

1. Falta de higiene en el proceso.
2. Se necesitan superficies extensas para secar los productos.

En extrema humedad y poca insolación hay riesgo de que el producto se pudra.

La *deshidratación* al secado por medios artificiales, como la exposición del producto a una corriente de aire caliente.

La deshidratación implica el control sobre las condiciones climáticas del aire caliente dentro de una cámara o el control de un medio circulante. Los alimentos secados en cámaras de deshidratado tienen mejor calidad, que sus duplicados secados directamente al sol, porque se necesita menos terreno, para la actividad de deshidratación.

Existen, dos métodos son los más utilizados y probados hasta la fecha, para deshidratar productos, que se diferencian en el origen de la fuente energética en el calentamiento del aire:

1. Deshidratado Solar: Consiste en utilizar el sol, como fuente energética de manera directa o indirecta, para el calentamiento sensible de aire y eliminar la humedad del producto a deshidratar. Para contrarrestar las

desventajas del secado al aire libre, se han diseñado los secadores o deshidratadores solares, utilizando la energía solar y las corrientes de aire en forma eficiente y limpia.

2. Deshidratado Mecánico: Para este secado, se utiliza combustible en forma directa o indirectamente:

- Directo: El alimento se va a deshidratar por el calor generado al quemar el combustible.
- Indirecto: El combustible calienta el aire que, luego se va a utilizar para deshidratar el producto.

Sin embargo, la parte principal del proceso es el mismo en los dos casos:

Calentar una masa de aire, es para bajar la humedad relativa y hacerla pasar por el producto, para que el aire caliente absorba cierta cantidad de agua, hasta que el producto llegue a las condiciones deseadas.

Este proceso de calentamiento de aire y deshidratado, se muestra en el diagrama esquemático de la figura 3.2.

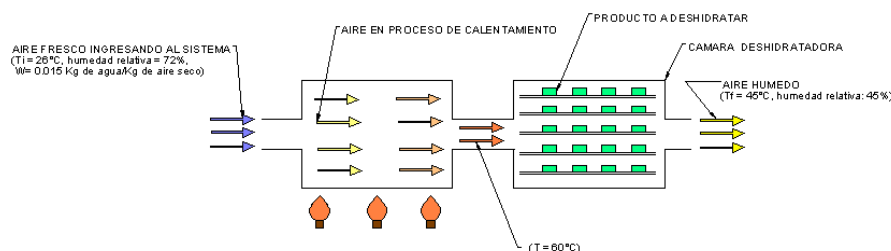


Figura 3.2.- Esquema de un proceso de calentamiento de aire y deshidratado de un producto.

3.6.- PROCESO DE CALENTAMIENTO Y DESHIDRATADO UTILIZANDO LA CARTA PSICROMÉTRICA.

Se desarrolla el análisis del proceso de calentamiento y deshidratado de un producto, por medio de la carta psicrométrica, donde se contempla el recorrido completo del aire, desde el proceso de calentamiento hasta que, pasa por las charolas donde se localiza el producto, dentro de la cámara deshidratadora, que retira la humedad del producto específico.

Para el desarrollo de este proceso se obtiene lo siguiente:

1. La temperatura del aire que, ingresa a la fase de calentamiento es de 26°C.
2. La humedad relativa del aire a su ingreso, es de 72%.

3. La humedad absoluta del aire permanece constante en el proceso de calentamiento dentro del sistema. En el calentamiento del aire existe un incremento de capacidad, para absorber la humedad, en la cámara deshidratadora, pero en el calentamiento del aire, no existen fuentes que, le permiten a absorber humedad, sólo si está en contacto directo con el producto a deshidratar.
4. La temperatura del aire que, sale de la fase de calentamiento e ingresa a la cámara deshidratadora es de 60°C.
5. La temperatura del aire, que sale de la cámara es de 45°C.
6. Cuando absorbe humedad sin incrementar la energía, el proceso se desarrolla a entalpía constante, con un valor de 99.48 KJ/Kg de aire seco; con una humedad relativa del aire, al salir de la de cámara deshidratador es de 34.45% y la humedad absoluta de 0.02099 Kg de agua/Kg aire seco.

En la figura 3.3, se muestra el proceso de calentamiento y deshidratado de un producto en la carta psicrométrica; el punto "A" define el ingreso de aire a la fase de calentamiento, a una temperatura ambiente de 26 °C que, corresponde la humedad absoluta del proceso permanece constante. El punto "B", corresponde al aire de la fase de calentamiento a 60°C que, recorre la superficie del producto y absorbe la humedad del producto y sale del deshidratador solar, como aire húmedo que, corresponde al punto "C", cuando el aire sale de la cámara de deshidratadora, forzado por el extractor al medio ambiente, antes de que se condense y escurra la humedad condensada y perjudique el producto a deshidratar..

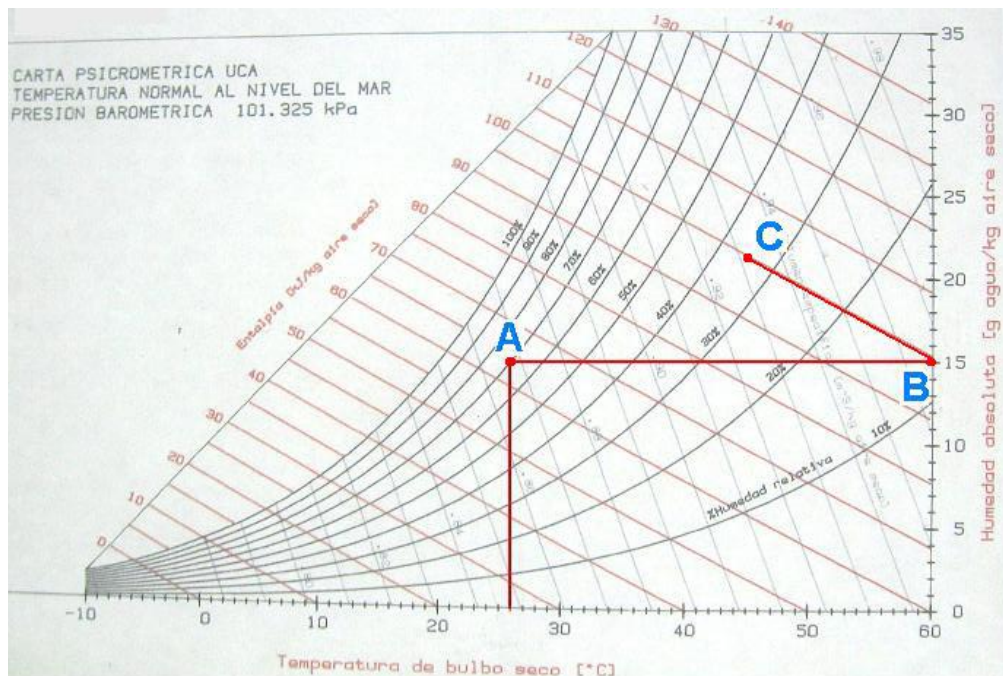


Figura 3.3.- Diagrama en la carta psicrométrica de un proceso de calentamiento de aire y deshidratado de un producto

Es importante conocer el esquema mostrado en la carta psicrométrica, porque es válido para un momento determinado, debido a la variación del

tiempo, también varían las propiedades del aire y del producto; por lo que a cada instante le corresponde un diagrama psicrométrico diferente.

Las pruebas experimentales determinan el tiempo necesario, para mantener una clase de producto deshidratado y la cantidad de agua, que contiene al momento que, se ingresa a las cámara deshidratadora. Si estos datos, son conocidos se conoce la razón que, se retira agua del producto, al dividir la cantidad de agua entre el tiempo necesario para retirarla, esto varía y depende del flujo de aire caliente, que ingresa a la cámara deshidratadora.

3.7.- HUMEDAD DEL AIRE A LA ENTRADA DE LA CÁMARA DESHIDRATADORA

Debido a que, no se efectuaron mediciones reales de la humedad relativa del aire que, entra al deshidratador solar o cámara deshidratadora, por no tener equipo de medición, se realiza un análisis energético de las condiciones climáticas teóricas del aire, para dejar un estudio del comportamiento de la humedad del aire. Sin embargo, este análisis se basa a las condiciones climáticas casi reales, con la finalidad de que los resultados obtenidos sean válidos, para el sistema de deshidratación en estudio.

El conocimiento de la humedad relativa del aire, que se utiliza para deshidratar algún producto, es de vital importancia, porque influye directamente en la calidad del producto deshidratado. Además, con este conocimiento de humedad relativa al ingreso de la cámara deshidratadora, se deduce si el calentamiento del aire es óptimo o deficiente.

3.8.- CALENTAMIENTO DE AIRE A LA ENTRADA DEL DESHIDRATADOR O CÁMARA DE DESHIDRATADORA

A partir de las ecuaciones anteriores, referidas a una instalación genérica de secado y en particular, para la cabina de secado del prototipo de secado solar propuesto, es posible simular el comportamiento de la misma.

Esta cámara dispone de dos paredes translúcidas que, permiten la entrada de la radiación solar indirecta por la cubierta de $4,02 \text{ m}^2$, permitiendo el secado mixto de los materiales que, se disponen en las bandejas previstas. De esta forma, el modelo implementado para la cámara de secado se basa en los balances de masa y energía, para las bandejas de secado, donde se aplica la cinética del aire y la transferencia de calor del producto a deshidratar. A partir de la resolución de estas ecuaciones propuestas es posible obtener, en cada instante, las temperaturas y la humedad del producto y la temperatura del aire a la salida.

Una instalación genérica de deshidratación en equilibrio, se presenta en la figura 3.4. Las ecuaciones del balance de masa y energía para esta instalación genérica, son las siguientes:



Figura 3.4.- Esquema de un proceso genérico de secado.

Las hipótesis se han realizado el modelo y son las siguientes:

1. El agua extraída del producto se incorpora en forma de vapor saturado a la corriente de aire.
2. Los intercambios de radiación entre las paredes del deshidratador y el producto se consideran despreciables.
3. El agua del producto se supone que, está en estado líquido y distribuida uniformemente en él.
4. La temperatura del aire a la entrada del deshidratador de secado se estima que, coincide con la temperatura a la salida del deshidratador ($T_{a,e} = T_{f,a}$).
5. La temperatura del aire situado entre las bandejas de producto, se determina como la media entre la temperatura del aire a la entrada y a la salida.
6. Se supone inicialmente que, las superficies de las paredes interior y exterior del deshidratador son diferentes.

3.9.-CONCEPTOS BÁSICOS DEL DESHIDRATADOR SOLAR

El deshidratador solar es el elemento de una instalación que, recibe el aire precalentado del medio ambiente y en la que, se produce propiamente el secado de los productos. En general, el establecimiento de los balances de masa y energía, junto con un modelo empírico que, represente la cinética del aire en el proceso, va a permitir la simulación de la operación y mejoras de las diferentes configuraciones de dispositivos de secado térmico.

A lo largo de los años, diferentes modelos de simulación se han desarrollado, para la deshidratación de los diversos productos y básicamente todo ellos se apoyan en las ecuaciones de la transferencia de calor y en la cinética del material a secar. Uno de los métodos que, mejor se adaptan a las

diferentes configuraciones, es el método paso a paso, aunque existen modelos más elaborados y complejos del deshidratador solar.

El deshidratador solar, se constituye como una cámara cerrada, aislada térmicamente, donde se coloca el producto que, se desea deshidratar y por la que, circula el aire caliente. Este aire es el que, se encarga de evaporar el agua contenida en el producto, humedeciendo el aire interno del deshidratador, como una cámara que, sale por equipos de extracción forzada.

3.10.- FENÓMENOS QUE, OCURREN DENTRO DEL DESHIDRATADOR SOLAR.

La convección natural, se considera un fenómeno de transferencia de calor por convección, es un transporte de energía que, se realiza en una diferencia de temperatura de un fluido, en este caso: el aire. El movimiento del aire es consecuencia del cambio de su densidad, al estar en contacto con una superficie a mayor temperatura.

3.11.- EXTRACCIÓN DE LA HUMEDAD DE LOS PRODUCTOS

En el momento de iniciarse el proceso de secado, el material contiene cierta cantidad de agua, la cual es indicada, generalmente como un porcentaje que, se conoce como “Contenido de humedad inicial X_i ”.

$$X_i = \frac{\langle m_1 - m_2 \rangle}{m_1} \quad (3.4)$$

Donde:

- m_1 : Masa inicial (Antes del proceso de deshidratado)
 m_2 : Masa final (Después del proceso de deshidratado)

El vapor de agua siempre se encuentra en el aire atmosférico. La cantidad de agua como fracción decimal del aire seco es conocida como contenido de humedad del aire. Esta cantidad de vapor que, retiene el aire es limitada y para cada temperatura existe una cantidad máxima de humedad. El aire caliente es capaz de retener más vapor, mientras que el aire frío retiene menos vapor.

Calor útil. (Q_{util}) El calor útil se define como la energía efectiva utilizada por el producto, para ser deshidratado y se representa de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Q_{util} = \Delta m C_{p_{agua}} (T_1 - T_2) \quad (3.5)$$

$$\Delta m = (m_1 - m_2) \quad (3.6)$$

Donde:

- m_1 = Masa inicial (Antes del proceso de deshidratado)
 m_2 = Masa final (Después del proceso de deshidratado)
 $C_{p_{\text{agua}}}$ = Calor específico del agua
 T_1 = Temperatura inicial del producto
 T_2 = Temperatura de deshidratado promedio

3.12.- FASES DEL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN.

Existen dos fases diferentes y bien definidas en el proceso de deshidratación: **la fase inicial** es rápida que, extrae la humedad de la superficie del producto, y se denomina “Constante de rapidez de secado”.

La **segunda fase** del proceso es lenta, está representado por la tangente de la curva en el punto C, a esta parte de la curva se le denomina “Contenido equivalente de humedad (X_c)”. Esto se muestra en la figura 3.5.

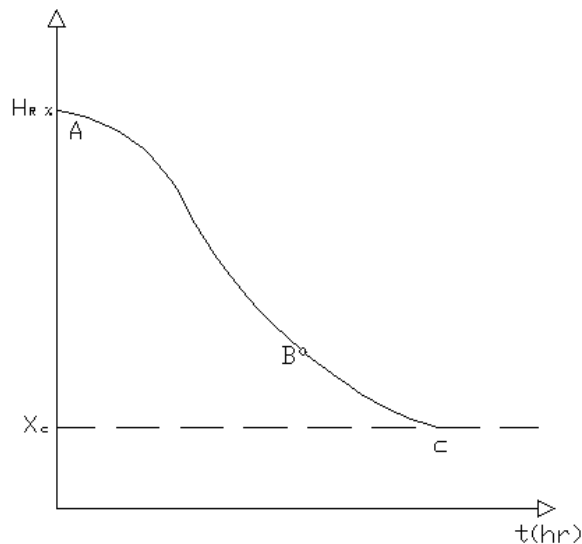


Figura 3.5.- Humedad relativa en función del tiempo.

A-B Representa un período de rapidez constante del secado, que se evapora uniformemente la humedad superficial del producto y se comporta como una superficie mojada. La velocidad de secado está limitada estrictamente por las propiedades del aire que, se utiliza para secar, la geometría del sistema y el caudal de aire. Para el caso de las frutas, esta etapa comprende humedades del orden del 50 al 60% bh.

B-C Corresponde a un período de transición, parte de la superficie de la fruta está seca y parte aún está húmeda. La velocidad de secado comienza a decrecer, porque la humedad interna del producto fluye hacia la superficie, posteriormente se evapora.

Xc Representa un valor que, no existe transferencia de humedad del producto al aire dentro del deshidratador que, es la cámara de secado. En este caso, la superficie del producto está más seca y la humedad se disipa desde el interior

por procesos de difusión. El secado es cada vez más lento, debido a las propiedades del producto y en parte por las condiciones ambientales.

3.13.- CAUTELAS DEL PRODUCTO EN EL DESHIDRATADOR SOLAR.

- A. Se debe conocer la temperatura máxima a la que, debe ser expuesto el producto, de lo contrario pierde sus propiedades nutricionales. En la tabla 3.1, se muestra la temperatura máxima de deshidratado, para diferentes productos.
- B. Conocer y evaluar el producto con algún tipo de solución, con el propósito de conservar sus propiedades nutricionales.
- C. Tratar higiénicamente las manos y los utensilios de corte.
- D. Controlar la temperatura en el deshidratador solar, para no superar el límite al que debe ser sometido el producto.
- E. Para lograr un secado rápido, es disminuir el flujo de aire a través de los conductos de salida y con ello incrementar la temperatura.
- F. Una vez extraído el producto del deshidratador, se debe evitar el contacto del producto con cualquier fuente de contaminación.
- G. Si el producto no va ser consumido antes de dos días después del secado, se hace necesario empacarlo en bolsas plásticas o cualquier otro tipo de empaque que, evite la rehidratación o algún tipo de contaminación.

Tabla 3.1
Temperaturas de secado de algunos alimentos

GRANOS	Temperatura Máxima (°C)
1. Arroz con cáscara, crudo	50
2. Arroz con cáscara, hervido	50
3. Maíz	60-80
VERDURAS	Temperatura Máxima (°C)
4. Guisantes (arvejas)	65
5. Coliflor	65
6. Zanahorias	75
7. Patatas dulces	75
8. Patatas	75
9. Verduras con hojas	75
10. Chile	75
11. Yuca	75
FRUTAS	Temperatura Máxima (°C)
12. Manzanas	70
13. Uva	70
14. Plátanos	70
15. Guayabas	65
16. Bananos	70
17. Piña	70

18. Mango	70
19. Zapote	70
20. Marañones	70

3.14.- DESCRIPCIÓN DE DESHIDRATADOR SOLAR

El sistema deshidratador solar que, se considera una cámara deshidratadora que, en su interior poseen ventiladores, para extraer el aire caliente, cuando entra el aire atmosférico al deshidratador, para generar reflujo de aire dentro del deshidratador. El reflujo es necesario para homogenizar la temperatura dentro de la cámara.

El deshidratador contiene 5 bandejas o charolas que, se coloca el producto a deshidratar, las bandejas tienen una dimensión aproximada de **3.15 x 1.65 m.**

Los productos que, generalmente se deshidratan son: Mango, piña, coco, fresa y flor de la Jamaica. Estos productos se cortan en rebanadas y se ingresan al deshidratador solar, para su deshidratación.

3.15.- EVALUACIÓN DE LA HUMEDAD DEL AIRE

Uno de los elementos importantes al momento de deshidratar, es el conocimiento de la humedad relativa del aire que, está en contacto directo con el producto que, se desea deshidratar.

El producto que se deshidrata, el aire debe tener una temperatura de deshidratación y una humedad relativa óptima para, que le permita al producto conservar sus propiedades nutricionales, así como su consistencia y calidad. Un producto mal deshidratado pierde su sabor, el tiempo de almacenaje es menor y su textura se ve afectada.

El rango de temperaturas reales registradas del aire, tiene un valor de 43 a 70°C, es importante verificar como disminuye la humedad relativa del aire, cuando pasa el aire caliente por la superficie del producto, absorbe su humedad, recordando que, en este proceso, aire atmosférico ingresa a la temperatura ambiente y hace su recorrido por el deshidratador y de manera ascendente se incrementa la temperatura del aire..

En la carta psicrométrica, se observa el comportamiento del aire, sus estados termodinámicos que, se necesitan tres variables independientes, para definir el punto de partida y conocer la humedad absoluta:

1. La humedad relativa del aire a su ingreso al sistema (74%)
2. La temperatura del aire a su ingreso, denominado temperatura de bulbo seco al sistema, esta entre 28 y 33 °C.
3. La presión atmosférica (101.3 KPa)

Y se conocen los puntos finales a través de:

1. La humedad absoluta es la misma que, la del punto inicial
2. Las temperaturas a la entrada del deshidratador es la del medioambiente del lugar.

Por lo tanto, se tiene completamente definido el estado del aire, al ingreso del deshidratador y el punto de ingreso, empieza a calentarse el aire en un rango de temperaturas de 43 a 58°C, gráficamente se observa el comportamiento del aire en la carta psicrométrica, mostrada en la figura 3.6.

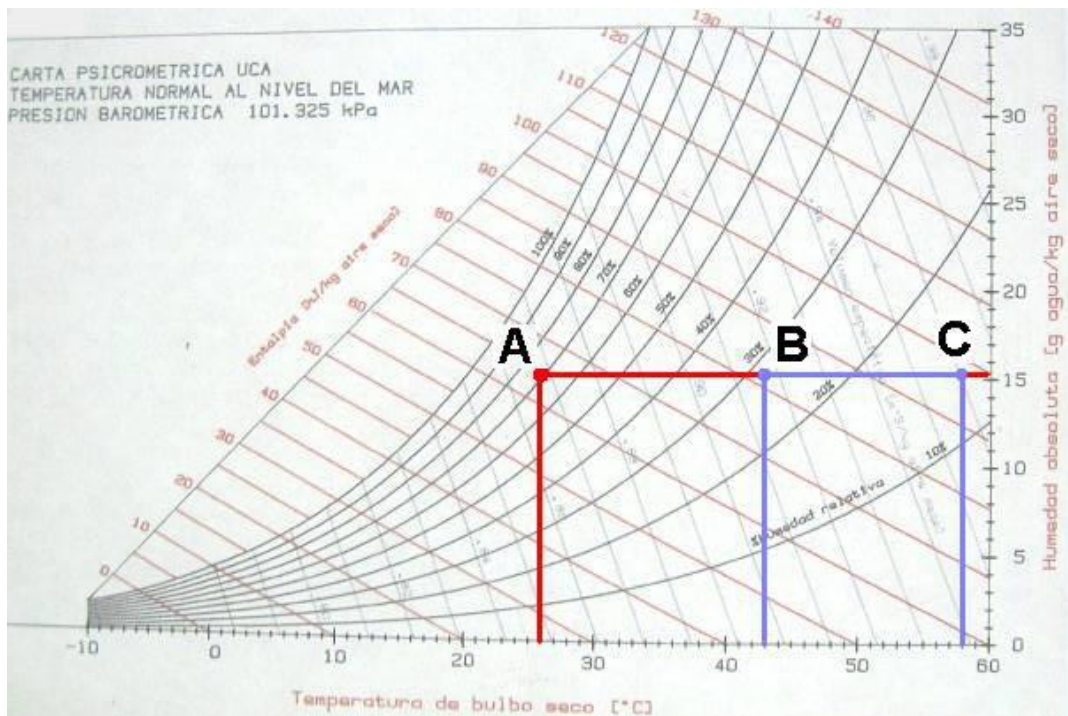


Figura 3.6.- Comportamiento del calentamiento del aire.

El comportamiento de la temperatura a la entrada del deshidratador de la figura anterior, se observa el rango de temperaturas registradas a la entrada del deshidratador, se localiza entre 58°C y 43°C:

Para las condiciones de entrada del aire, temperatura bulbo seco de 26°C, con humedad relativa 72% y presión atmosférica de 101.325 KPa, se tiene una humedad absoluta de 0.01523 [Kg agua/kg de aire seco].

Los puntos "A", "B" y "C" graficados en esta figura, representan el proceso completo para el aire calentado, desde su ingreso al deshidratador, corresponde al punto "A", hasta la salida del deshidratador, después de haber pasado por el proceso de convección del aire caliente que, circula en la superficie del producto, para absorber su humedad, se obtiene un rango de temperaturas en su salida y al ingreso nuevamente del deshidratador, durante el periodo evaluado, del punto "B" con 43°C y el punto "C" con 58°C, respectivamente.

La humedad relativa del aire atmosférico es de 74%, el ingreso del aire al deshidratador, se empieza a calentar el aire hasta llegar aproximadamente un 15% de humedad en el punto "C", mientras que, el punto "B" es de aproximadamente de 28%

La humedad óptima que, se requiere en el deshidratador, debe ser abajo del 20% que, se estima a una temperatura del aire a la entrada del deshidratador arriba de 50°C. Después de las 12:00 p.m. ya no tiene caso seguir deshidratando, porque la humedad relativa del aire es alta, arriba del 20%, y el producto a deshidratar se deteriora.

Existen productos que, deben permanecer en deshidratación por un largo periodo de tiempo. Estos productos no se someten a deshidratar durante la noche, debido que su proceso se interrumpe. Sin embargo, para productos en donde la humedad relativa tolerable del aire sea inferior al 30%, el sistema auxiliar podrá ceder su energía y funcionar durante 12 horas como tiempo máximo.

Es importante saber que, para alcanza una humedad relativa optima para el deshidratado, deber ser una temperatura del aire arriba de los 50°C, abajo de este valor no se recomienda deshidratar producto, porque la humedad relativa es muy alta. Es decir que, podemos deducir que, el periodo optimo para el deshidratado está comprendido entre las 10:00 a.m y las 4:00 p.m., periodo en el cual se tiene una humedad relativa inferior al 18% y una temperatura del aire que, ingresa al deshidratador superior a 50 °C.