



Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.  
Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica.  
Carrera de Ingeniería Mecánica.  
Av. El Progreso S/N. Santa Clara.  
Sangolquí, Ecuador.



## **TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR PARA PIEZAS DE CERÁMICA BLANCA MEDIANTE EL USO DE CONVECCIÓN FORZADA Y ACONDICIONAMIENTO DE AIRE AMBIENTE.**

Ing. José Guasumba, MSc.

Laboratorio de Investigaciones  
Científicas en Energías Renovables.

E-mail: [jguasumba@espe.edu.ec](mailto:jguasumba@espe.edu.ec)

Ing. Fernando Olmedo.

Laboratorio de Mecanismos y  
Vibraciones - CAD CAM CAE.

E-mail: [jfolmedo@espe.edu.ec](mailto:jfolmedo@espe.edu.ec)

Ing. Rodrigo Paguay.

Carrera de Ingeniería Mecánica.

E-mail: [xavypaguay12@gmail.com](mailto:xavypaguay12@gmail.com)

---

### **RESUMEN.**

El Secado es una de las etapas más importantes en el proceso productivo de la cerámica tradicional y tiene como objetivo la eliminación del excesivo contenido de humedad (agua) en el producto. Por lo general, la humedad contenida en el producto se elimina mediante la evaporación del agua al estar en contacto con un agente secante, en la mayoría de los casos este agente secante es aire atmosférico a condiciones ambientales o aire atmosférico sometido a procesos de acondicionamiento. El proceso de secado para una pieza de gran tamaño en contacto con aire a condiciones ambientales puede durar hasta doce horas, sin embargo es posible y factible disminuir este tiempo mediante el acondicionamiento de aire. La temperatura, velocidad y contenido de humedad absoluta del aire atmosférico; al igual que las dimensiones, espesor, característica de las arcillas y contenido de humedad del producto permiten la estimación del tiempo de secado. El objetivo del presente proyecto es el diseño y construcción de un secador que permita la disminución de los tiempos de secado, para lo cual se necesita de un estudio del fenómeno de secado, las características del producto, curvas de secado, procesos de acondicionamiento de aire y la interacción simultánea de los procesos de transferencia de calor y transferencia de masa.

**Palabras claves: Diseño; construcción; cerámicos; acondicionamiento de aire; secado; curvas de secado; tiempo de secado.**

---

### **ABSTRACT**

The drying process is one of the most important phases in the traditional ceramic production process, and it has the target of removing the excessive humidity amount inside the product. Generally, the water is in contact with drying agent, and the humidity is removed by evaporation. In most time, the drying agent is atmospheric air under environment conditions, or atmospheric air under hot temperature conditions. The drying process for a big piece in contact with air under environment conditions can take twelve hours; however, it is possible and feasible decrease this time with the use of air under hotter temperature conditions. The temperature, velocity and humidity amount of atmospheric air, and the same time, dimensions, thickness, features clay and humidity amount of product allow the prediction of drying time. The target of this project is the design and construction a drying machine that allow decreasing the

drying time. In order to achieve it, is necessary to make a study about drying phenomena, product feature, drying curves, air conditioning process and the simultaneous interaction between the mass transfer processes and the heat transfer processes.

**Keywords: design; construction; ceramics; air conditioning processes; drying; drying curves; drying time.**

## 1. INTRODUCCIÓN.

Una de las etapas de mayor importancia dentro del proceso productivo de la cerámica tradicional es el proceso de secado.

Al igual que en el proceso de cocción, es en la etapa de secado donde se comienzan a definir las características mecánicas del producto, La resistencia, densidad y rigidez aumentan al mismo tiempo que la fragilidad.

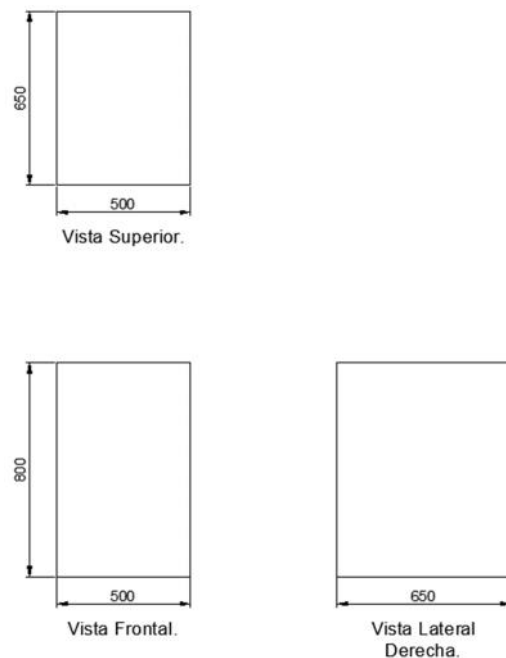
El fenómeno de secado se caracteriza principalmente por la interacción simultánea de dos procesos: la transferencia de masa y la transferencia de calor.

El problema en el secado se presenta para grandes industrias y para pequeños productores de piezas de cerámica y está relacionado con el tiempo que necesitan las piezas para secarse, en grandes industrias se han establecido armarios de secado donde por medio de un paso de aire a ciertas condiciones de temperatura, humedad y velocidad se acelera el proceso; sin embargo, no poseen un modelo matemático para la estimación del tiempo que tomara el proceso. Por otro lado, los pequeños productores no poseen un sistema como el anteriormente descrito y dejan que sus piezas se sequen al sol lo que por lo general toma demasiado tiempo.

El desarrollo de este proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un prototipo secador, que tenga como bases fundamentales en su etapa de diseño el estudio del fenómeno de secado, lo que permitirá predecir los tiempos de secado en base a las variables de secado como son temperatura, humedad, velocidad y carga de secado.

## 2. METODOLOGÍA.

Se establecen las dimensiones de la cámara de secado en base a la carga de secado, el prototipo se diseña para una capacidad de 15[kg] de peso incluyendo humedad, si conocemos el valor de la densidad del producto  $2600[\text{kg}/\text{m}^3]$  podemos calcular el volumen necesario teniendo un valor de  $5.7 \cdot 10^{-3}[\text{m}^3]$ , por facilidad constructiva se propone un secador con forma de prisma rectangular con  $L= 0.65[\text{m}]$   $A= 0.5[\text{m}]$   $H= 0.8[\text{m}]$  dimensiones internas el cual tiene un valor de volumen de  $0.26[\text{m}^3]$



**FIGURA 1.** Esquema y dimensionamiento de la cámara de secado.

Se realiza una comparación con respecto al volumen del producto con el objetivo de verificar que el volumen del producto sea menor al volumen de secado y de esta manera garantizar que el producto pueda estar dentro de la cámara de secado; por otro lado una consideración que suele ser tomada en cuenta, es

que exista por lo menos un relación de 4 a 1 entre el volumen de la cámara de secado y el volumen del producto.

Realizamos el análisis del producto en base a los pesos del producto en sus diferentes estados: antes de secado y después del secado.

**TABLA 1** Parámetros y Requerimientos del Producto.

PRODUCTO		
<b>Contenido de Humedad Base Húmeda Barbotina. [Kg<sub>ag</sub>/kg<sub>ss</sub>]</b>	X <sub>OBS</sub>	0.36
<b>Contenido de Humedad Base Seca Inicial. [Kg<sub>ag</sub>/kg<sub>ss</sub>]</b>	X <sub>iBS</sub>	0.25
<b>Contenido de Humedad Base Seca Final. [Kg<sub>ag</sub>/kg<sub>ss</sub>]</b>	X <sub>fBS</sub>	0.09

En base a estos valores se puede calcular el valor de la masa seca 9.6[kg] agua, masa húmeda 5,4[kg] arcilla, cantidad de humedad removida 1.45[kg] agua.

A continuación se debe calcular las características del aire atmosférico para lo cual se necesitan conocer dos propiedades intensivas T<sub>amb</sub>=16.1[°C], HR<sub>amb</sub>=13.3[%] y la presión atmosférica P<sub>atm</sub>=73,9[kPa]. Los valores de relación de humedad (w), volumen específico (v) y entalpía (h) se presentan en la

**TABLA 2.** Propiedades Psicrométricas del Aire a T<sub>amb</sub>, P<sub>atm</sub> y HR<sub>amb</sub>.

AIRE AMBIENTE.		
<b>w</b>	0.002055	[kg <sub>va</sub> /kg <sub>as</sub> ]
<b>v</b>	1.127	[kg/m <sup>3</sup> ]
<b>h</b>	21.41	[kJ/kgas]

De igual manera se calculan los valores de las características del aire a temperatura de secado T<sub>sec</sub>=50[°C] considerando que el valor de la relación de humedad w=0.002055 [kg<sub>va</sub>/kg<sub>as</sub>] y la presión atmosférica P<sub>atm</sub>= 73,9[kPa] permanecen constantes.

**TABLA 3.** Propiedades Psicrométricas del Aire a T<sub>sec</sub> y P<sub>atm</sub>.

AIRE A TEMPERATURA DE SECADO.		
<b>HR</b>	1.971	[%]
<b>v</b>	1.259	[kg/m <sup>3</sup> ]
<b>h</b>	55.66	[kJ/kgas]

A continuación es necesario encontrar el valor de la temperatura superficial T<sub>sup</sub> y concentración en la superficie w<sub>(sup)</sub>.

El análisis en el régimen de velocidad constante de secado establece la simultaneidad de los procesos de transferencia de calor (teoría de la resistencia eléctrica para la pared compuesta) y la transferencia masa (primera ley de Fick). Estableciendo la siguiente igualdad:

- Condición de Simultaneidad de transferencia de calor y transferencia de masa

$$N_c = \frac{q_T}{h_{fg}}$$

- Primera ley de Fick aplicada

$$K_Y w_{sup} - w_G = N_c$$

- Teoría de la resistencia de eléctrica para la pared compuesta

$$q_T = (h_{cV} + U) T_G - T_{sup} + h_R T_R - T_{sup}$$

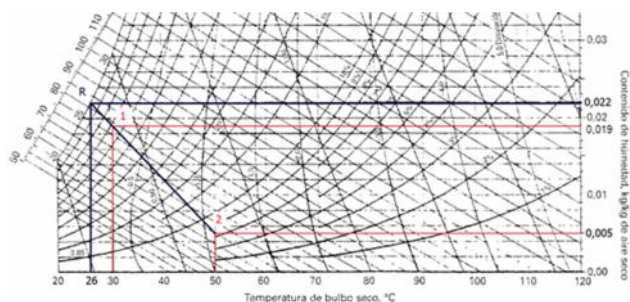
De la relación descrita anteriormente se puede obtener una ecuación con dos incógnitas (T<sub>sup</sub> y w<sub>sup</sub>).

$$w_{sup}(T_{sup}) := 0.04 - 0.0007T_{sup}$$

Para el sistema aire vapor de agua se puede resolver la ecuación en conjunto con una carta psicrométrica, la solución se encuentra en los valores correspondientes a la línea de saturación.

**TABLA 4.** Valores para la construcción de la recta de la ecuación  $w_{sup}(T_{sup})$ .

$w_{sup}(T_{sup}) = 0.04 - 0.0007 T_{sup}$		
ORD	$T_{sup}$	w
	[°C]	[kgva/kgas]
1	30	0.019
2	50	0.005



**FIGURA 2.** Resolución de la ecuación  $w_{sup}(T_{sup})$  sobre la carta psicrométrica.

**TABLA 5.** Solución para la ecuación  $w_f(T_{sup})$ .

TABLA DE RESULTADOS		
$T_{sup}$	26	[°C]
w	0.022	[kgva/kgas]

Con los valores de temperatura superficial y concentración superficial se calcula el valor de la rapidez de secado en régimen constante teniendo:

$$N_C := \frac{(h_{CVsec} + U_{sec}) \cdot (T_{sec} - T_{sup})}{h_{fg}} = 3.616 \times 10^{-4} \left( \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}} \right)$$

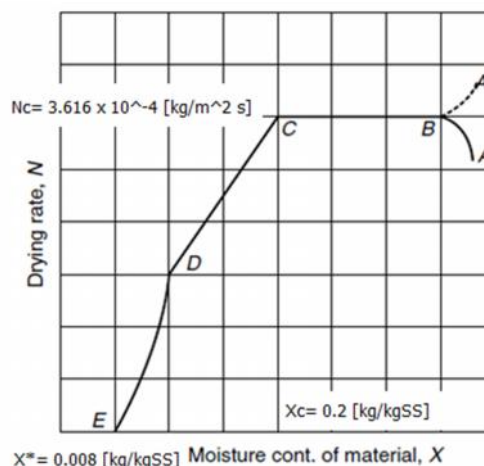
$$N_C = 3.616 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2 \cdot \text{s}}$$

Una vez calculado el valor de la rapidez de secado en el régimen constante y conociendo los valores de contenido de humedad en base seca crítica  $X_C$  y contenido de humedad en base seca en el equilibrio  $X^*$ .

**TABLA 6.** Parámetros de la curva de secado

CURVAS DE SECADO		
Contenido de Humedad Base Seca Crítica. [Kg <sub>ag</sub> /kg <sub>ss</sub> ]	$X_C$	0.2
Contenido de Humedad Base Seca Equilibrio. [Kg <sub>ag</sub> /kg <sub>ss</sub> ]	$X^*$	0.008

Podemos estimar el tiempo de secado total en base a la integración de la gráfica que se presenta a continuación



**GRÁFICA 1.** Construcción de la Gráfica de Rapidez de Secado.

Teniendo para el régimen de velocidad constante segmento BC lo siguiente:

Si:  $X > X_C$

$$N = - M_S \frac{dX}{A dt}$$

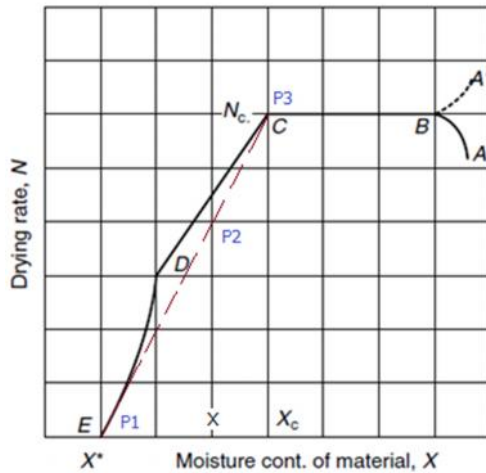
$$t = \int_0^t dt = - \frac{M_S}{A} \int_{X_f}^{X_o} \frac{dx}{N}$$

$$t = \int_0^t dt = - \frac{M_S}{A N_C} \int_{X_f}^{X_o} dx$$

$$t_{RC} = \frac{M_S (X_o - X_f)}{A N_C}$$

$$t_{RC} := \frac{M_S (X_{iBS} - X_{cBS})}{A_T \cdot N_C} = 1.111 \cdot (\text{hr})$$

En el régimen de velocidad decreciente de secado se puede considerar a la curva como una recta desde C hasta D, teniendo lo siguiente:



**GRÁFICA 2.** Gráfica de Rapidez de Secado Consideración decreciente lineal completamente.

Si:  $X^* < X < X_c$

$$N = - M_S \frac{\Delta X}{A \Delta t}$$

$$t = \int_0^t dt = - \frac{M_S}{A} \int_{X_f}^{X_0} \frac{dx}{N}$$

$$t = \int_0^t dt = - \frac{M_S}{A} \int_{X_f}^{X_0} \frac{dx}{\frac{N_c (X - X^*)}{(X_c - X^*)}}$$

$$t = \int_0^t dt = - \frac{M_S (X_c - X^*)}{A N_c} \int_{X_f}^{X_0} \frac{dx}{(X - X^*)}$$

$$t_{RD} = \frac{M_S (X_c - X^*)}{A N_c} \ln \frac{(X_0 - X^*)}{(X_f - X^*)}$$

$$t_{RD} := \frac{M_S (X_{cBS} - X_{eqBS})}{A_T \cdot N_C} \cdot \ln \left( \frac{X_{cBS} - X_{eqBS}}{X_{fBS} - X_{eqBS}} \right) = 3.191 \cdot (\text{hr})$$

Finalmente el tiempo total estimado es la suma de tiempo en el régimen constante y el tiempo en el régimen decreciente.

$$t_T := t_{RC} + t_{RD} = 4.302 \cdot (\text{hr})$$

A continuación se realiza el cálculo de la cantidad de calor necesaria para el secado, hay que resaltar que el calor necesario es igual a la suma del calor útil y el calor por pérdidas.

El calor útil es igual a la suma:

– Calor sensible del producto

$$q_{Sp} := M_S \cdot C_{p_p} \cdot (T_{sec} - T_{sup}) = 1.728 \times 10^5 \cdot (\text{J})$$

– Calor sensible de agua.

$$q_{Sag} := \Delta M_{ag} \cdot C_{p_{ag}} \cdot (T_{sec} - T_{sup}) = 6.552 \times 10^4 \cdot (\text{J})$$

– Calor latente del agua.

$$q_{Lag} := \Delta M_{ag} \cdot h_{fg_{ag}} = 3.502 \times 10^6 \cdot (\text{J})$$

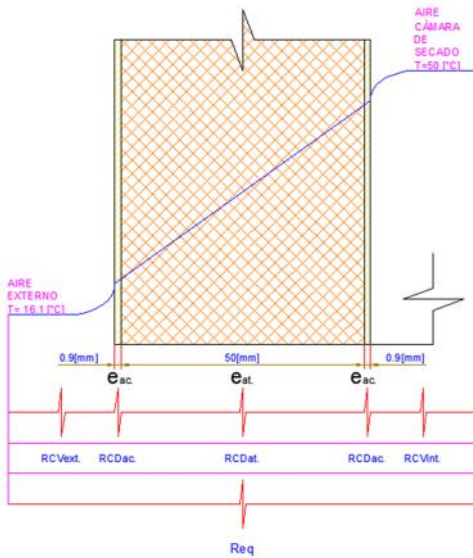
– Calor sensible del soporte.

$$q_{Sap} := M_{acp} \cdot C_{p_{acp}} \cdot (T_{sec} - T_{sup}) = 2.086 \times 10^4 \cdot (\text{J})$$

Finalmente el calor útil es igual a la suma de los calores dividido para el tiempo de secado teniendo.

$$q_U := \frac{q_{Sp} + q_{Sag} + q_{Lag} + q_{Sap}}{t_T} = 242.828 \cdot (\text{W})$$

Para las pérdidas se ha establecido que la cámara de secado va estar conformada por un sandwich compuesto por dos paredes de tol negro de 0.9[mm] de espesor en los extremos y en el centro por una placa de lana de roca de 5[cm] de espesor como aislamiento térmico.



**FIGURA 3.** Esquema de las resistencias térmicas del sistema.

Aplicando la analogía de la resistencia eléctrica para la pared compuesta podemos calcular el coeficiente global de transferencia de calor en base a la resistencia equivalente del sistema, para después calcular el valor de las aéreas correspondientes y conociendo la variación de temperatura se puede calcular las pérdidas de calor.

$$q_N := q_{PT} + q_U = 302.648 \cdot (W)$$

$$\%q_{PT} := \frac{q_{PT}}{q_N} = 0.198$$

$$\%q_U := \frac{q_U}{q_N} = 0.802$$

A continuación, para el cálculo de la cantidad necesaria de aire se realiza un balance de energía entre el calor que pierde aire que es un calor sensible y el calor necesario para el secado.

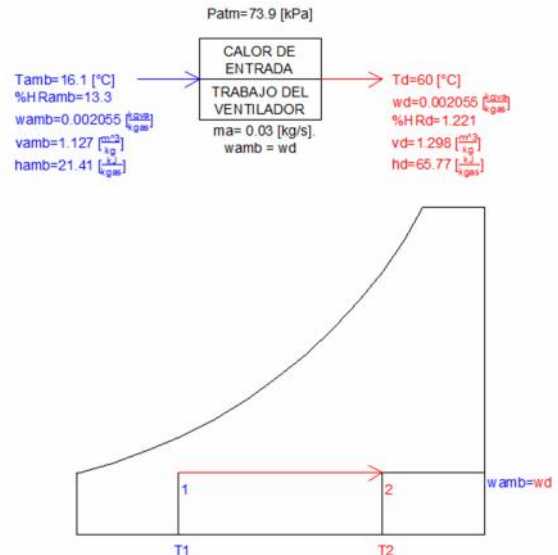
Para el cálculo de la masa proponemos un factor de seguridad FS=1.2 teniendo lo siguiente:

$$M_a := \frac{FS \cdot q_N}{C_p \cdot (T_{sec} - T_m)} = 0.03 \cdot \left( \frac{kg}{s} \right)$$

Se calcula el valor del caudal necesario, con el valor de la densidad para el aire a condiciones

ambientales calculado a partir del valor del volumen específico teniendo  $\rho_a = 0.887 \text{ kg/m}^3$ .

$$Q := \frac{M_a}{\rho_{amb}} = 0.034 \cdot \left( \frac{m^3}{s} \right)$$



**FIGURA 4.** Diagrama del proceso de acondicionamiento del aire sobre la carta psicrométrica ( $T_{amb} - T_d$ ).

Para finalizar calculamos la cantidad de energía necesaria para acondicionar el aire realizamos un balance de energía entre los estados: 1 (aire a temperatura ambiente  $T_{amb} = 16.1[°C]$ ) y 2 (aire a temperatura de diseño  $T_d$ ).

Definimos a la temperatura de diseño como la temperatura de secado  $T_{sec}$  por un factor de seguridad FS=1.2, teniendo lo siguiente

$$T_d := 60(°C) = 333.15 \cdot (K)$$

Para el cálculo de las propiedades del aire a temperatura de diseño  $T_d = 60[°C]$  se tiene un presión atmosférica  $P_{atm} = 73.9[kPa]$ , y un valor de relación de humedad  $w_d = 0.002055[kg/kg]$ .

**TABLA 7.** Propiedades Psicrométricas del Aire a  $T_d$  y  $P_{atm}$ .

AIRE A TEMPERATURA DE DISEÑO.		
HR	1.221	[%]
v	1.298	[kg/m <sup>3</sup> ]
h	65.77	[kJ/kgas]

Incluyendo un el factor de seguridad FS=1.2 y reemplazando tenemos

$$q_c := FS \cdot M_a \cdot (h_d - h_{amb}) = 1.603 \times 10^3 \text{ W}$$

### 3. PRUBAS DE FUNCIONAMIENTO.

Para verificación del funcionamiento del prototipo se realizaron cuatro pruebas, las misma que tienen como objetivo: verificar que el prototipo alcance los requerimientos de diseño, medir el consumo energético, realizar comparaciones sobre los tiempos de secados obtenidos mediante el cálculo y los tiempos medidos en las pruebas bajo las condiciones establecidas, y además de realizar una comparación de la cantidad de humedad eliminada calculada para el producto con la cantidad de humedad eliminada del producto medida en las pruebas.

#### 3.1. Prueba sin Carga de Secado.

Resultado de la prueba se obtuvo que el secador alcanza la temperatura de secado  $T_{sec}=50[^\circ\text{C}]$  en un tiempo de  $t=[1\text{hr}]$ .

El consumo energético es de 13[kW-hr]

**TABLA 8.** Consumo Energético por hora.

CONSUMO ENERGÉTICO PRUEBA SIN CARGA.		
TIEMPO	P	P
[min]	[Kw/hr]	[Kw-hr]
1	0	380586
		13
2	60	380599

#### 3.2. Prueba con Intervalo de Temperatura.

Se establecen tres intervalos de temperatura cada intervalo con el mismo tiempo de duración 90[ $\text{min}$ ]. En este caso las temperaturas fueron 25[ $^\circ\text{C}$ ] 40[ $^\circ\text{C}$ ] 50[ $^\circ\text{C}$ ].

Resultado de la prueba se obtuvo que para una pieza de 3,44[kg] de peso en estado húmedo se eliminó 0,55[kg] de agua siendo mayor al estimado 0,46[kg], en un tiempo de 4 horas con 30 minutos

#### 3.3. Prueba a Temperatura de Secado Constante.

Se establece una temperatura de secado de 50[ $^\circ\text{C}$ ] durante todo el secado.

Resultado de la prueba se obtuvo que para una pieza de 2,40[kg] de peso en estado húmedo se eliminó 0,44[kg] de agua siendo mayor al estimado 0,34[kg] en un tiempo de 4 horas con 40 minutos.

#### 3.4. Prueba a Temperatura de Secado Constante con Múltiple Carga de Secado.

Se establece una temperatura de secado de 50[ $^\circ\text{C}$ ] durante todo el secado, sin embargo la carga de secado son dos figuras de distintos pesos y distinta forma.

Resultado de la prueba se obtuvo que para una pieza de 3,27[kg] de peso en estado húmedo se eliminó 0,45[kg] de agua siendo apenas menor al estimado 0,46[kg], y para una pieza de 2,17[kg] de peso en estado húmedo se eliminó 0,40[kg] de agua siendo mayor al estimado 0,34[kg]. Ambas piezas en un tiempo de 4 horas con 10 minutos.

#### 3.5. Resumen de pruebas

En la siguiente tabla se incluye el detalle de los requerimientos en peso medidos en las pruebas y de los calculados además de la medición de los tiempos reales de secado.

**TABLA 9.** Resumen de Pruebas de Secado.

RESUMEN DE PRUEBAS DE SECADO.							
Prueba.	Peso Seco Referencial.	Agua Removida Calculada.	Espesor de la Pieza.	Peso Estado Húmedo Antes de secado.	Tiempo de Secado.	Peso Estado Seco. Después de Secado.	Agua Removida Medida
	[kg]	[kg]	[mm]	[kg]	[min]	[kg]	[kg]
<b>1</b>	3,02	0,46	5	3,44	270	2,89	0,55
<b>2</b>	2,25	0,34	5	2,4	280	1,96	0,44
<b>3</b>	3,02	0,46	5	3,27	250	2,81	0,46
	2,25	0,34	5	2,17		1,77	0,40

#### 4. CONCLUSIONES.

- Como resultado, se desarrolló un prototipo que cumple con la función de secar piezas de cerámica blanca sin producir daños a las piezas y menorando el tiempo de secado.
- El equipo funciona según lo planificado y bajos los parámetros para los cuales fue diseñado.
- La comparación de los tiempos de secado calculados para una carga de secado con los tiempos medidos en la práctica son casi iguales con un valor de 4,3[hrs]
- La comparación entre el peso de productos requerido con el peso real de producto después del proceso de secado cumple con los requerimientos.
- El prototipo secador tiene un consumo de 13Kw-hr.
- El equipo secador de piezas de cerámica blanca demostró que puede bajar los tiempos de secado de un intervalo de 8-12 horas a menos de 5 horas dependiendo la carga sin

provocar daño o imperfecciones en las piezas.

#### 5. RECOMENDACIONES.

- El diseño de este prototipo tuvo como fuente de energía una resistencia niquelina, de desarrollar un diseño para un carga de secado más grande se debería considerar utilizar una fuente de calor con mayor potencia de ser el caso sería conveniente utilizar resistencias para aire para voltaje de 220[V] o cambiar a otro sistema como el uso de quemadores industriales.
- De la organización de las piezas dentro de la cámara de secado dependerá de la cantidad de piezas a secar y las dimensiones de las mismas. Es preferible que se encuentren agrupadas en piezas de las mismas dimensiones y pesos ya que de esa manera se garantizara que todas las piezas se sequen en su totalidad y al mismo tiempo.
- Para piezas de secado que tengan geometrías simples se recomienda un secado a temperatura constante de secado, mientras que para el secado de piezas cuyas geometrías presenten múltiples curvaturas es preferible secarlas a intervalo de temperatura, además se recomienda realizar un monitoreo de las piezas durante el secado.
- Si se pretende realizar armarios de secado para cargas industriales es importante considerar un estudio más profundo del comportamiento del aire dentro del dúcto. Un cálculo profundo de las perdidas mayores y menores será indispensable para la correcta selección de un ventilador.
- Para sistemas industriales se recomendaría realizar un estudio de viabilidad con el fin de invertir en un sistema de automatización que permita la implementación de un sistema de flujo cerrado o de ser el caso la implementación de un sistema de cogeneración.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- ASHRAE. (2009). *ASHRAE Handbook— Fundamentals (SI)*. The United States.
- Black, & Decker. (2009). *La Guía Completa sobre Instalaciones Eléctricas*. España: Creative Publishing.
- Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2010). *Materials Science and Engineering. An Introduction*. United States of America.: John Wiley & Sons. Inc.
- Cárdenas, J., Paredes, C., & Mosquera, J. (2003). La Industria Cerámica en el Ecuador. *Escuela Politécnica del Litoral TECNOLOGÍA*, 19-23.
- Cary, H. B. (1992). *Manual de Soldadura Moderna TOMO 1*. México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
- Cary, H. B. (1992). *Manual de Soldadura Moderna TOMO 2*. México: PRENTICE-HALL HIPANOAMERICANA, S.A.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2003). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill Interamericana.
- INAMHI-, I. N. (2010). Anuario Metereológico . *Anuario Metereológico*
- Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor*. México.: Prentice Hall.
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos*. México: Pearson .
- Mujundar, A. S. (2006). *Handbook of Industrial Drying*. The United States: CRC Press Taylor & Francis Group, LLC.
- Perry, R. H. (1994). *Manual del Ingeniero Químico*. México.: McGraw-Hill.
- Smith, W. F. (1998). *Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de Materiales*. España.: McGrand-Hill.
- Treybal, R. E. (1988). *Operaciones de Transferencia de Masa*. Mexico: McGraw-Hill.

## DIRECTORES DEL PROYECTO

---

Ing. Fernando Olmedo.

**DIRECTOR**

---

Ing. José Guasumba, MSc.

**CODIRECTOR**

**Link:**

<https://es.scribd.com/doc/249697684/DISENO-Y-CONSTRUCCION-DE-UN-SECADOR-PARA-PIEZAS-DE-CERAMICA-BLANCA-MEDIANTE-EL-USO-DE-CONVECCION-FORZADA-Y-ACONDICIONAMIENTO-DE-AIRE-AMBIENTE>