

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**



**TRABAJO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE  
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**MODELAMIENTO MEDIANTE MULTIPHYSICS  
AUTODESK DE UN SECADOR DE BANDA PARA  
DESHIDRATAR ALFALFA PARA LA AGROINDUSTRIA  
MASTERCUBOX S.A.**

**AUTOR: SALAZAR HURTADO OMAR OSWALDO**

**DIRECTOR: ING. CARLOS VILLARREAL**

**Ibarra- Ecuador**

**2015**



# MODELAMIENTO MEDIANTE MULTIPHYSICS AUTODESK DE UN SECADOR DE BANDA PARA DESHIDRATAR ALFALFA PARA LA AGROINDUSTRIA MASTERCUBOX S.A.

*Sr. Salazar Hurtado Omar Oswaldo<sup>1</sup> Ing. Villarreal Bolaños Carlo Alfonso<sup>2</sup>*

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador**

**blas13175@gmail.com, cavillarreal@utn.edu.ec**

**Resumen.** – En este artículo se presentan los diferentes resultados alcanzados en la investigación realizada en el Modelamiento Mediante Multiphysics de Autodesk de un Secador de Banda para la Deshidratación de Alfalfa.

Para el desarrollo del modelamiento del proceso de deshidratación de alfalfa se ha tomado en cuenta estudios experimentales de laboratorio certificados y establecidos por la “ASAE” The Society for Engineering in Agricultural, food, and Biological Systems.

Las condiciones iniciales para este proceso de secado son: humedad relativa, temperatura ambiente, velocidad y tiempo de secado establecidos en estudios experimentales. Conociendo el proceso de secado de alfalfa ( por medio de un secador continuo de banda), y con los resultados establecidos en los ensayos del “Modelo Experimental de secado de alfalfa a temperaturas bajas según Patil, Sokhansanj, Arinze & Shoenau (1992)” y el “Modelo Experimental de secado de alfalfa a temperaturas altas según Zheng, X., Jiang, Y., & Pan, Z. (2005)” se vio necesario la vinculación del proceso con el programa Multiphysics de Autodesk; para ello se utiliza dos entornos de simulación del programa como son: Entorno de Flujo de Fluidos en régimen transitorio, y el Entorno de Transferencia de Calor de Régimen Estacionario.

Para el desarrollado del Volumen de Control en “Autodesk Simulation Multiphysics 2013”; se lo considera como un sistema aislado térmicamente, con un espacio necesario para el ingreso y salida del flujo de aire.

Para realizar las diferentes simulaciones se considera tres arreglos de cilindros de 50, 100 y 150mm espaciados que representan los lechos de secado de alfalfa para cada uno de estos procesos de secado.

## **Palabras Claves**

Multiphysics de Autodesk, secador de banda, humedad relativa, temperatura de secado, alfalfa, volumen de control, transferencia de calor, flujo de fluidos.

## **1. Introducción.**

El proceso de secado de alfalfa es de gran importancia, al utilizar esta técnica se logra extender su tiempo de conservación de este alimento destinado para la producción en ganado vacuno.

En la actualidad en la mayoría de los casos este proceso se desarrolla solo a temperaturas ambiente, porque no existe el uso de mucha tecnología por parte de los productores de alfalfa de la parroquia de Salinas de la provincia de Imbabura, en el presente trabajo de investigación se hace uso de temperaturas altas para el secado con la finalidad de disminuir tiempos de secado y con esto se garantiza la conservación de nutrientes del alimento deshidratado para conseguir cubos de alfalfa de muy buena calidad.

Para el modelamiento del secador de banda para la deshidratación de alfalfa, es necesario partir de condiciones que describen el comportamiento del

sistema; para esto se ha visto como relacionar el proceso de secado con los entornos de simulación Multiphysics de Autodesk.

En referencia la investigación realizada por Zheng, X., Jiang, Y., & Pan, Z. (2005). Se toma en cuenta estas condiciones a las que se puede desarrollar este proceso secado de alfalfa a temperaturas altas. Para esto, se hace el uso de la temperatura de secado de 393.00K, en un tiempo alrededor de 500.00 segundos, y a una velocidad del aire de secado de 1.00 m/s., considerando que el contenido de nutrientes de la alfalfa deshidratada es adecuado en este proceso.

En esta investigación se presenta el comportamiento del sistema de secado para diferentes velocidades de flujo de aire de secado con diferentes espesores para el lecho de secado de alfalfa.

## 2. Desarrollo

Al momento de realizar el modelamiento se ha considerado las propiedades termodinámicas del aire que se muestran en la Tabla.1, y de la alfalfa a deshidratar para la configuración de parámetros en los entornos de simulación de Multiphysics Autodesk como se muestra en la Figura 2.

### 2.1 Dimensionamiento del Volumen de Control

Para el dimensionamiento del volumen de control se ha tomado en consideración un área de secado de un metro cuadrado, tomando en cuenta un ingreso y una salida para el flujo de aire, la capa aislante de la cámara y tres arreglos de cilindros representativos para el lecho de secado como se indica en la Figura 1.

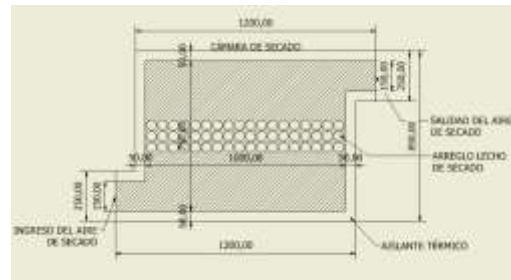


Figura 1 Volumen de Control cámara de secado para la deshidratación de alfalfa

### 2.2. Especificación de propiedades de los elementos involucrados

Para la realización de los análisis respectivos en los entornos de simulación en el software Autodesk Simulation Multiphysics 2013, es necesario especificar los elementos involucrados como son:

- a) Aire de Secado:

Tabla 1 Propiedades del aire a 1atm y 393,15 K

$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (KJ/Kg K)	$\nu \cdot 10^{-6}$ (m <sup>2</sup> /s)	$k \cdot 10^{-3}$ (W/m. K)	$Pr$
0,8711	1,014	26,41	33,8	0,69

Fuente: Incropera, F. & De Witt D. (1996). Fundamentos de Transferencia de Calor, Tabla A4, propiedades termo físicas de gases a presión atmosférica, (p. 839).

- a) Lecho de secado:



Figura 2: Propiedades de la Alfalfa .

- b) Aislante térmico:



Figura 3: propiedades del aislante térmico



### 2.3. Cálculos del proceso de deshidratación de alfalfa

En referencia al área de secado de  $108.00m^2$ , tomando en cuenta un espesor del lecho de secado de  $0.15m$ , un tiempo de secado de  $500.00$  segundos y la densidad de la alfalfa de  $90.00Kg/m^3$ , se obtiene el flujo másico de la alfalfa de  $2.89 kg/s$ , para su determinación se utilizó la Ecuación 2.

$$\tau = \frac{A * s * \rho}{\dot{m}} \quad (2)$$

Donde,

$\tau$ : Tiempo de retención del secado

A: Superficie de secado ( $m^2$ )

e: Espesor de la capa del producto a secar deshidratar.

$\rho$ : Densidad de la Alfalfa ( $Kg/m^3$ )

$\dot{m}$ : Flujo másico de Alfalfa ( $Kg/s$ )

Relacionando el flujo másico con el tiempo de secado mediante la Ecuación 3 se determina una masa total de secado de alfalfa de  $1458.00 Kg$ .

$$\dot{m} = \frac{m}{\tau} \quad (3)$$

Donde,

$m$ : Masa total de la Alfalfa ( $Kg$ )

$\tau$ : Tiempo de retención del secado

Se realizó 7.14 procesos de secado durante una hora, logándose secar  $10414.29Kg$  de alfalfa.

$$m_{hora} = m * 7.143 \quad (4)$$

Dónde:

$m_{hora}$ : Masa de alfalfa que ingresa al secador durante una hora.

Para el proceso de deshidratación de alfalfa se tomó en cuenta la cantidad de agua del material al secar; para ello, se utilizó un contenido de

humedad de la alfalfa de  $78.32\%$  y se propuso llegar mediante el secado a un  $8\%$  de contenido final de humedad.

**Tabla 2 Condiciones de entrada-salida para el contenido de humedad de la alfalfa.**

Cantidad de Agua a remover por hora durante el secado			
	Masa Humeda (+)	Masa Seca (-)	Masa Total
INGRESO	0.7832	0.2168	1
SALIDA	0.08x	0.2168	X

En este proceso se obtuvo  $23.57\%$  ( $x = 0.2357$ ) de materia seca, para lo cual se necesita  $10414.28Kg$  de alfalfa para un proceso de secado a una temperatura de  $393.00K$ .

$$ms = m - m_{H_2O} \quad (5)$$

Donde,

$ms$ : Masa seca de alfalfa ( $Kg$ ).

$m_{H_2O}$ : Masa de agua a extraer de la alfalfa ( $Kg$ ).

$$ms = 2454.14 Kg$$

$$m_{H_2O} = 7960.14Kg$$

### 2.4. Ensayos Realizados

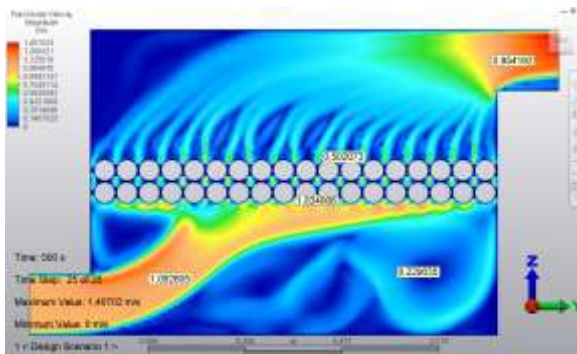
El modelamiento del proceso se lo realiza en dos entornos de simulación: el entorno de flujo de fluidos en estado transitorio; que es la base para la caracterización de propiedades que hacen realizable la transferencia de calor por medio de la convección, en el Segundo escenario de simulación se da una transferencia de calor en estado estacionario.

**Tabla 3: Condiciones de secado para la simulación en software Autodesk Simulation Mutiphycis 2013.**

CONDICIONES DE SECADO			
T=393.15K	VELOCIDAD(m/s)		
ESPESOR(mm)	0.3	0.60	1.00
50	1	2	3
100	4	5	6
150	7	8	9

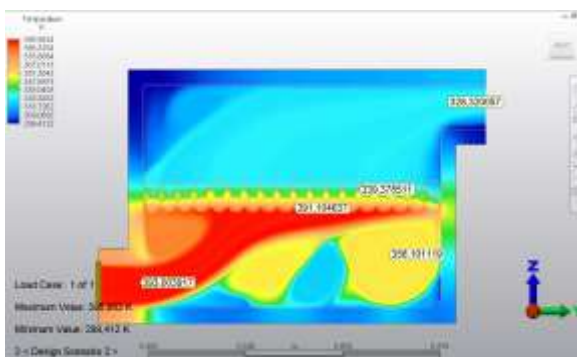
## 2.5. Resultados.

En las diferentes simulaciones realizadas se analiza el comportamiento de la alfalfa, obteniéndose las mejores condiciones de secado a una velocidad de flujo de aire de 1.00m/s de velocidad del aire de secado para un arreglo de 100mm de lecho de secado de alfalfa a 393.00K, tal como se puede apreciar en la Figura 4.



**Figura 4. Simulación del escenario uno,  $v = 1.00\text{m/s}$  para un arreglo del lecho de 100mm.**

De acuerdo a la Figura 5. Se notó que en la parte baja del lecho de secado de 100mm se tiene una corriente de aire a una temperatura de 391.00K aproximadamente la cual conforme cruza en arreglo va disminuyendo el valor de la temperatura hasta estabilizarse en la parte superior de la cámara con una temperatura de 328,105K, mostrando así un proceso aceptable de secado de alfalfa.



**Figura. 5 Resultado final del escenario dos para un lecho de 100mm y 1.00m/s de velocidad en régimen estacionario de transferencia de calor.**

En la Tabla 4 se presenta los resultados obtenidos en las diferentes simulaciones. Así, se observa que para un secado de alfalfa con un lecho de espesor de 100mm, y a una velocidad de flujo de aire a 0.60m/s; su temperatura de secado a la salida del secador está alrededor de los 325.00K debido al calor absorbido por la alfalfa para extraer su humedad. La energía necesaria para este proceso de secado fue 110.4 KJ/Kg.

**Tabla 4: Calor de secado absorbido por la Alfalfa de acuerdo a los diferentes tipos de arreglo.**

Arreglo de Lecho ( mm)	Velocidad (m/s)	Temperatura de ingreso (K)	Temperatura de salida(K)	Entalpia h1 (KJ/Kg)	Entalpia h2 (KJ/Kg)	Calor de Secado Absorbido por la Alfafa (KJ/Kg)
50	0,3	393	304	2796	2507,8	-148,2
50	0,6	393	306	2796	2501,4	-144,6
50	1	393	307	2796	2503,2	-142,8
100	0,3	393	328	2796	2681	-105
100	0,6	393	325	2796	2695,6	-110,4
100	1	393	328	2796	2681	-105
150	0,3	393	391	2796	2786	0
150	0,6	393	395	2796	2789,2	3,2
150	1	393	402	2796	2719,6	11,4

## 2.6. Conclusiones.

Los parámetros que se deben considerar en el proceso de deshidratación de alfalfa son: la velocidad del aire de secado, la temperatura a la que se desarrolla el secado y los arreglos representativos para el lecho de secado de alfalfa.

Las condiciones iniciales necesarias para el secado de alfalfa fueron: contenido de humedad inicial de la alfalfa (78.32%), humedad relativa del aire (50%), temperatura de secado (393.00K), tiempo de secado (500.00 segundos), espesor promedio del lecho de alfalfa (100mm), y una velocidad de secado para el flujo de aire ( 1.0m/s).

De acuerdo a los resultados obtenidos se concluye que para los lechos mayores a 100mm se puede tener retenciones de humedad durante el secado que no son favorables para este proceso debido a que no existe un flujo de calor por el exceso del lecho de alfalfa que no permite la circulación del aire caliente adecuadamente para que se dé el proceso adecuadamente.



## 2.7. Recomendaciones:

Con la información mostrada en el presente trabajo se recomienda que, para un modelamiento de un proceso de secado, como es el caso, de la deshidratación de alfalfa, es útil analizar el contenido de humedad de la materia prima con la que se inicia el secado, conocer sus propiedades termodinámicas, y las condiciones iniciales a las que se desarrollará el proceso.

Para poder establecer condiciones estables de secado en el interior de los secadores de banda, es útil cosechar la alfalfa teniendo en cuenta un 10% de floración como base, mantener la humedad de la alfalfa uniforme en tallos y hojas mediante el aplastado y corte en trozos de 50mm.

Es necesario poner en conocimiento de que este trabajo se pone como propuesta para el análisis, diseño y construcción de secadores de banda transportadora para la deshidratación de alfalfa.

## 3. Referencias Bibliográficas.

[1] INCROPERA, F. & De Witt, D. (1999). Fundamentos de la Transferencia de Calor (4ª ed.). México: Prentice Hall.

[2] MAUPOEY, P., (2001). Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente (1ª ed.), España: UPV.

[3] Rotz C.A., Sprott DJ. (1984). Drying rates, losses and fuel requirements for mowing and conditioning alfalfa. Trans of the ASAE; 27(3):715-20.

## 4. Linkografía

[4] Betancourt, C. (2001). Diseño y simulación de una máquina secadora de forrajes múltiples para la elaboración de harina y procesamiento de balanceado para ganado con capacidad de 400 Kg/H para la empresa ENSIFOR S.A. Recuperado de: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5365>

[5] Calle, R. & Aparicio, J. (2011) Diseño de una Planta de Deshidratación de Hierbas Aromáticas. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESIS%20FINAL.pdf>

[6] Finite element analysis and modeling software. Recuperado de:

<http://www.autodesk.com/products/simulation-mechanical/overview>

[7] Mora, J. (2005). Adaptación de ocho variedades comerciales de alfalfa (medicago sativa) sobre los 2900 M.S.N.M. en el sector de Pailones en la Hcda. El Prado. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5135>.

[8] Tord van Delft J., (2010) Modeling and Model Predictive Control of a Conveyor- Belt Dryer. Recuperado de:

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:626494/FULLTEXT01.pdf>

[9] Mujumdar, A. (2006). Recuperado de: <http://f3.tiera.ru/3/Chemistry/Chemical/engineering/Reactors/Mujumdar> A.S. (ed.) Handbook of Industrial Drying (3ed., CRC, 2006) (ISBN1574446681) (1279).pdf

[10] Patil, Sokhansanj, Arinze & Shoenau (1992). Thin layer drying of components of fresh alfalfa. Can. Agric. Eng. 34; 343\_346. Recuperado de: [http://csbe-scgab.ca/docs/journal/34/34\\_4\\_343\\_raw.pdf](http://csbe-scgab.ca/docs/journal/34/34_4_343_raw.pdf)

[11] Presión de vapor de agua líquida y hielo a varias temperaturas. Recuperado de: [http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/pvh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/pvh2o.pdf)

[12] Psychrometric Data. ASAE D271.2 DEC94. Recuperado de: <http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/ebook/psy-data1998.pdf>



[13] Seminar: “Thermal treatment of powders and granules”. Recuperador de: [http://www.celsiusprocessing.com/downloads/hotornot/Presentatie2\\_KAHL.pdf](http://www.celsiusprocessing.com/downloads/hotornot/Presentatie2_KAHL.pdf)

[14] Yang W. (1998), Characteristics of Ground Alfalfa in Relation to Steam Conditioning, Recuperado de: [http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/tape17/PQDD\\_0012/NQ27437.pdf](http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/tape17/PQDD_0012/NQ27437.pdf)

[15] Zheng, X., Jiang, Y., & Pan, Z. (2005). Drying and Quality Characteristics of Different Components of Alfalfa. *ASAE Annual Meeting*, 056185, (pp.1-12). DOI: 10.13031/2013.19929

**Omar O. Salazar H., Autor**



**Estudiante de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte**

**Villarreal C., Autor**



**Docente de la Carrera de Ingeniería en Mecatrónica de la Universidad Técnica del Norte**

# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS  
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**



**PRE OBTAIN THE WORK ENGINEERING DEGREE IN  
MECHATRONICS**

**THEME:**

**MODELAMIENTO MEDIANTE MULTIPHYSICS  
AUTODESK DE UN SECADOR DE BANDA PARA  
DESHIDRATAR ALFALFA PARA LA AGROINDUSTRIA  
MASTERCUBOX S.A.**

**AUTHOR: SALAZAR HURTADO OMAR OSWALDO**

**PRINCIPAL: ING. CARLOS VILLARREAL**

**Ibarra- Ecuador**

**2015**





# MODELAMIENTO MEDIANTE MULTIPHYSICS AUTODESK DE UN SECADOR DE BANDA PARA DESHIDRATAR ALFALFA PARA LA AGROINDUSTRIA MASTERCUBOX S.A.

*Sr. Salazar Hurtado Omar Oswaldo<sup>1</sup> Ing. Villarreal Bolaños Carlo Alfonso<sup>2</sup>*

**Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador**  
**[blas13175@gmail.com](mailto:blas13175@gmail.com), [cavillarreal@utn.edu.ec](mailto:cavillarreal@utn.edu.ec)**

**Summary.** - This article describes the different results obtained in research in modeling using Autodesk Multiphysics a Band Dryer for Dehydration of Alfalfa are presented.

*To develop the modeling of alfalfa dehydration process is taken account experimental laboratory studies and certificates established by the "ASAE" The Society for Engineering in Agricultural, Food, and Biological Systems.*

*The initial conditions for this drying process: relative humidity, ambient temperature, speed and drying time established in experimental studies. Knowing the drying process alfalfa (through a continuous band dryer), and the results of the tests set out in "Experimental model drying at low temperatures as alfalfa Patil, Sokhansanj, Arinze & Shoenau (1992)" and the "Experimental model drying at high temperatures as alfalfa Zheng, X., Jiang, Y., & Pan, Z. (2005)" the linkage was necessary process with the program Autodesk Multiphysics; two environments for this simulation program is used as: Environment Fluid Flow transient and the Environment Heat Transfer steady.*

*Developed for the control volume in "Autodesk Simulation Multiphysics 2013"; it is considered as a system thermally insulated, with a necessary entry and exit of air flow space. For the different simulations it examines three cylinder arrangements 50, 100 and 150mm spaced representing alfalfa drying beds for each of these drying processes.*

## **Keywords**

Multiphysics Autodesk, band dryer, relative humidity, drying temperature, alfalfa, control volume, heat transfer, fluid flow.

## **1. Introduction**

The drying process of alfalfa is of great importance, when using this technique it is achieved extend the shelf life of the food intended for production in won bovine.

Currently in most cases this process takes place only at ambient temperature, because there is not much use of technology by the producers of alfalfa in the parish of Salinas in the province of Imbabura, in this research use of high temperatures for drying in order to reduce drying times and thereby conserving the dehydrated food nutrients is guaranteed to get cubes of alfalfa is very good quality.

For modeling band dryer for dehydrating alfalfa, it is necessary from conditions that describe the behavior of the system; for this has been seen as linking the drying process with Autodesk Simulation Multiphysics environment.

Referring research by Zheng, X., Jiang, Y., & Pan, Z. (2005). It takes into account these conditions that may develop this drying process at high temperatures alfalfa. For this, the use of the drying temperature of 393.00K, in a time about 500.00 seconds and a speed of the drying air of 1.00m/s is made, whereas the nutrient content of the dehydrated alfalfa is suitable in this process. In

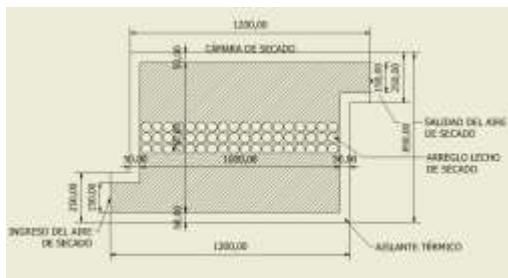
this investigation the behavior of the drying system for different flow rates of drying air with different thicknesses for alfalfa drying bed occurs.

## 2. Developing

At the time of modeling it has been considered the thermodynamic properties of air are shown in Table.1, and dehydrated alfalfa for setting parameters in simulation environments Autodesk Multiphysics as shown in Figure 2.

### 2.1 Dimensioning of the Control Volumen

For sizing of the control volume is taken into account a drying area of one square meter, taking into account an entry and an exit for the air flow, the insulating layer of the camera and three representative arrangements for drying bed cylinders as indicated in Figure 1.



**Figure 1** Volume Control drying chamber for the dehydration of alfalfa

### 2.2 Specifying properties of the elements involved

For the realization of the respective analysis in simulation environments in Autodesk Simulation Multiphysics 2013 software, you must specify the elements involved such as:

Air Drying:

**Table 1** Properties of air at 1 atm and 393.15 K

$\rho$ (Kg/m <sup>3</sup> )	$C_p$ (KJ/Kg.K)	$\nu$ . 10 <sup>-6</sup> (m <sup>2</sup> /s)	$k$ . 10 <sup>-3</sup> (W/m.K)	$Pr$
0,8711	1,014	26,41	33,8	0,69

Source: Incropera, F. & Dewitt D. (1996). **Fundamentals of Heat Transfer Table A4, thermo physical properties of gases at atmospheric pressure, (p. 839).**

Drying bed:



**Figure 2:** Properties of Alfalfa.

Thermal insulator:



**Figure 3:** Thermal isolator assembly properties

### 2.3 Calculations alfalfa dehydration process

Referring to 108.00m<sup>2</sup> drying area, considering a thickness of the drying bed of 0.15m, a drying time of 500.00 seconds and alfalfa density 90.00 Kg/m<sup>3</sup>, the mass flow is obtained alfalfa 2.89 kg/s, for determination Equation 2 was used.

$$\tau = \frac{A * s * \rho}{\dot{m}} \quad (2)$$

Where,

- $\tau$ : Retention time of drying (s)
- $A$ : Drying area (m<sup>2</sup>)
- $e$ : Layer thickness of the product to be dried dehydrate (m)
- $\rho$ : Alfalfa density (Kg/m<sup>3</sup>)
- $\dot{m}$ : Mass flow Alfalfa (Kg/s)



Relating the mass flow over time of drying by Equation 3 a total mass of dried alfalfa 1458.00 Kg determined.

$$\dot{m} = \frac{m}{\tau} \quad (3)$$

Where,

$m$ : Total mass of Alfalfa (Kg)

$\tau$ : Retention time of drying (s)

7.14 drying process was performed for one hour, obtaining 10414.29Kg dry alfalfa.

$$m_{hora} = m * 7.143 \quad (4)$$

Where,

$m_{hora}$ : Alfalfa mass entering the dryer for an hour.

For alfalfa dehydration process took into account the amount of water to the dry material; for this, a moisture content of 78.32% alfalfa was used and set by drying to get 8% final moisture content.

**Table 2 Conditions of entry-exit moisture content of alfalfa**

Cantidad de Agua a remover por bota durante el secado			
	Masa Húmeda (+)	Masa Seca (-)	Masa Total
INGRESO	0.7832	0.2168	1
SALIDA	0.08x	0.2168	X

In this process 23.57% ( $x = 0.2357$ ) dry matter, for which 10414.28Kg alfalfa need for a drying process at a temperature of 393.00K was obtained.

$$ms = m - m_{H2O} \quad (5)$$

Where,

$ms$ : Dry mass of alfalfa (Kg).

$m_{H2O}$ : Water mass extract alfalfa (Kg).

$$ms = 2454.14 \text{ Kg}$$

$$m_{H2O} = 7960.14 \text{ Kg}$$

## 2.4 Tests Performed

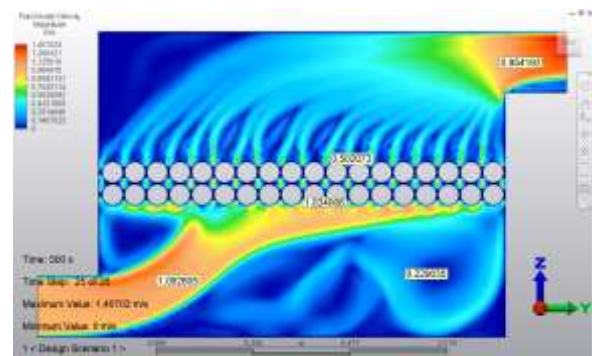
The modeling of the process is performed on two simulation environments: environment fluid flow in transient state; which is the basis for the characterization of properties that make achievable heat transfer by convection, in the second simulation scenario is given heat transfer steady state.

**Table 3: Drying conditions for simulation in Autodesk Simulation Mutiphycis 2013 software.**

CONDICIONES DE SECADO			
T=393.15K	VELOCIDAD(m/s)		
ESPESOR(mm)	0.3	0.60	1.00
50	1	2	3
100	4	5	6
150	7	8	9

### Results.

In different simulations alfalfa behavior is analyzed, obtaining the best drying conditions at a speed of airflow 1.00m / s velocity of the drying air for an array of 100mm alfalfa drying bed to 393.00 K, as can be seen in Figure 4.

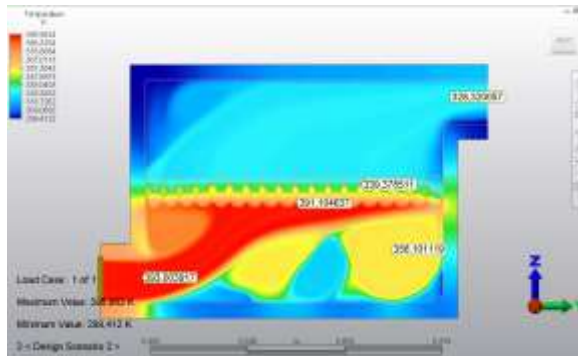


**Figure 4. Simulation of Scenario one,  $v = 1.00\text{m} / \text{s}$  for a drying bed 100mm.**

According to Figure 5. It was noticed that at the bottom of the drying bed 100mm has an air stream at a temperature of approximately 391.00K which crosses under arrangement decreases the value of the temperature to stabilize at the top of the



chamber at a temperature of 328,105K, showing an acceptable drying of alfalfa.



**Fig. 5 Final Result scenario two for a 100mm bed of 1.00m / s speed in steady heat transfer.**

In Table 4 the results of the different simulations are presented. Thus, it is observed that for alfalfa drying a bed of thickness of 100mm, and a flow rate of air to 0.60m / s; drying temperature of the dryer outlet is around 325.00K due to heat absorbed by alfalfa to remove moisture. The energy required for this drying process was 110.4 kJ / kg.

**Table 4: Heat absorbed by the Alfalfa drying according to the different types of arrangement.**

Arreglo de Lecho (mm)	Velocidad (m/s)	Temperatura de ingreso (K)	Temperatura de Salida(K)	Entalpia h1 (Kj/kg)	Entalpia h2 (Kj/kg)	Calor de Secado Absorbido por la Alfalfa (Kj/kg)
50	0,3	393	304	2786	2597,8	-188,2
50	0,6	393	308	2786	2582,4	-144,6
50	1	393	307	2786	2583,2	-142,8
100	0,3	393	328	2786	2681	-105
100	0,6	393	325	2786	2595,6	-110,4
100	1	393	328	2786	2681	-105
150	0,3	393	393	2786	2786	0
150	0,6	393	395	2786	2789,2	3,2
150	1	393	402	2786	2719,6	113,6

## 2.5. Conclusions.

The parameters to be considered in the process of dehydration of alfalfa are the speed of the drying air, the temperature at which drying and representative arrange for drying bed develops alfalfa.

The initial conditions necessary for drying alfalfa were: initial moisture content of alfalfa (78.32%), relative humidity (50%), drying temperature

(393.00K), drying time (500.00 seconds), average bed thickness alfalfa (100mm), and a drying rate for the air flow (1.0m/s).

According to the results obtained it is concluded that for older beds to 100mm can have retentions of moisture during drying that are not favorable for this process because there is no heat flux excess bedding alfalfa that prevents hot air circulation properly so that the process is done properly.

## 2.7 Recommendations.

The displayed information in this work it is recommended that, for modeling a drying process, such as, dehydration of alfalfa, it is useful to analyze the moisture content of the raw material with which drying starts, know its thermodynamic properties and initial conditions to which the process will develop.

To establish stable drying conditions inside the dryers band, is useful reap alfalfa considering 10% flowering basis, maintain humidity uniformly alfalfa stems and leaves through the crushed and cut into sections 50mm.

It is necessary to inform that this work is put as a proposal to the analysis, design and construction of conveyor dryers for dehydration of alfalfa.

## 3. Bibliographical references.

[1] INCROPERA, F. & De Witt, D. (1999). Fundamentos de la Transferencia de Calor (4ª ed.). México: Prentice Hall.

[2] MAUPOEY, P., (2001). Introducción al Secado de Alimentos por Aire Caliente (1ª ed.), España: UPV.

[3] Rotz C.A., Sprott DJ. (1984). Drying rates, losses and fuel requirements for mowing and conditioning alfalfa. Trans of the ASAE; 27(3):715-20.



#### 4. Linkography

[4] Betancourt, C. (2001). Diseño y simulación de una máquina secadora de forrajes múltiples para la elaboración de harina y procesamiento de balanceado para ganado con capacidad de 400 Kg/H para la empresa ENSIFOR S.A.

Recovered from:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5365>

[5] Calle, R. & Aparicio, J. (2011) Diseño de una Planta de Deshidratación de Hierbas Aromáticas.

Recovered from:  
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16919/3/TESIS%20FINAL.pdf>

[6] Finite element analysis and modeling software. Recovered from:

<http://www.autodesk.com/products/simulation-mechanical/overview>

[7] Mora, J. (2005). Adaptación de ocho variedades comerciales de alfalfa (medicago sativa) sobre los 2900 M.S.N.M. en el sector de Pailones en la Hcda. El Prado.

Recovered from:  
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/5135>.

[8] Tord van Delft J., (2010) Modeling and Model Predictive Control of a Conveyor- Belt Dryer. Recovered from:

<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:626494/FULLTEXT01.pdf>

[9] Patil, Sokhansanj, Arinze & Shoenau (1992). Thin layer drying of components of fresh alfalfa. Can. Agric. Eng. 34: 343\_346. Recovered from:

[http://csbescgab.ca/docs/journal/34/34\\_4\\_343\\_raw.pdf](http://csbescgab.ca/docs/journal/34/34_4_343_raw.pdf)

[10] Presión de vapor de agua líquida y hielo a varias temperaturas. Recovered from:  
[http://www.vaxasoftware.com/doc\\_edu/qui/pvh2o.pdf](http://www.vaxasoftware.com/doc_edu/qui/pvh2o.pdf)

[11] Psychrometric Data. ASAE D271.2 DEC94. Recovered from:  
<http://ecaaser3.ecaa.ntu.edu.tw/weifang/ebook/psy-data1998.pdf>

[12] Seminar: "Thermal treatment of powders and granules". Recovered from:  
[http://www.celsiusprocessing.com/downloads/hortnot/Presentatie2\\_KAHL.pdf](http://www.celsiusprocessing.com/downloads/hortnot/Presentatie2_KAHL.pdf)

[13] Yang W. (1998), Characteristics of Ground Alfalfa in Relation to Steam Conditioning, Recovered from:  
[http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/tape17/PQDD\\_0012/NQ27437.pdf](http://www.collectionscanada.gc.ca/obj/s4/f2/dsk2/tape17/PQDD_0012/NQ27437.pdf)

[14] Zheng, X., Jiang, Y., & Pan, Z. (2005). Drying and Quality Characteristics of Different Components of Alfalfa. ASAE Annual Meeting, 056185, (pp.1-12). DOI: 10.13031/2013.19929

#### Omar O. Salazar H., Autor



**Mechatronics Engineering Student at the Universidad Técnica del Norte**

#### Villarreal C., Autor



**Mechatronics Engineering teacher Universidad Técnica del Norte**