

SIMULACIÓN Y ANÁLISIS DE UN SISTEMA DE SECADO EN LECHO FLUIDIZADO

VALENTINI, Mariano David

*Facultad Regional Rosario – Universidad Tecnológica Nacional
Zeballos 1341 (2000) Rosario, Santa Fe, Argentina.*

mdvalentini@frro.utn.edu.ar

Palabras Claves: Simulación, Flujo de fluidos, Fluidización, Tecnología CFD.

RESUMEN

La propuesta que se presenta tiene por objetivo mostrar las consecuencias que tiene el suministro de una corriente de flujo de aire que ingresa a un secador de lecho fluidizado cuando se utiliza la teoría de la Mecánica de Fluidos Computacional.

Mediante el análisis del sistema propuesto se pretende mostrar las ventajas de utilizar una plataforma de simulación multifísica, remarcando primeramente que, dichos software, no reemplazan la experiencia y los conocimientos de los ingenieros sino que vienen a ser una herramienta adicional que permite ahorrar el tiempo que significaría el engorroso proceso manual de cálculos.

Esta simulación se realiza aplicando la técnica CFD, y el uso del módulo de Creeping Flow de COMSOL Multiphysics, componente que permite no sólo construir un modelo computacional que represente el sistema a estudiar especificando las condiciones físicas y químicas del fluido, sino que también se accede a gráficas que analizan los perfiles de velocidad y los gradientes de temperatura en todo el sistema. [1]

INTRODUCCIÓN

El estudio del flujo de un fluido dentro de un secador se puede analizar considerando variables tales como temperatura, velocidad, y densidad ó caudal en la entrada del aparato, y establecer cuáles son las condiciones en la salida debido a las transformaciones que sufre el fluido. Se pretende que dentro del secador se logre una temperatura de salida constante, ya que la humedad de los granos a secar es función de dicha temperatura.

El secador de lecho fluidizado es un sistema donde las partículas húmedas flotan suspendidas parcialmente en una corriente de gas ascendente, de este contacto íntimo entre ambos se produce una transferencia de masa considerable. Las partículas son levantadas y luego caen al azar de modo que la mezcla resultante entre el sólido y el gas fluidizante actúa como un líquido en ebullición.

El secador de lecho fluidizado funciona bajo el principio que la velocidad del aire de secado es mayor que la velocidad de sedimentación de las partículas que flotan parcialmente suspendidas en la corriente de gas (la mezcla resultante de sólidos-gas se comporta como un líquido, por eso se dice que los sólidos están fluidizados). Esta técnica es muy eficiente para secado de sólidos granulares, porque cada partícula está completamente rodeada de gas.

Particularmente en este sistema se pretende analizar la temperatura de salida del fluido bajo distintas condiciones en la entrada del aire caliente.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El producto se alimenta por la parte superior del equipo gracias a una canaleta inclinada. Al inyectarlo con un ventilador dentro del cajón de soplado, el aire de proceso (frío o caliente) se distribuye de forma homogénea gracias a la solera perforada dispuesta en el lecho, produciéndose la fluidificación del producto. La parte superior del lecho está compuesta por una campana de la que se aspira con un ventilador de extracción, el aire de proceso contaminado con finos del producto, que además se encarga de equilibrar la presión dentro del lecho fluido. [2]

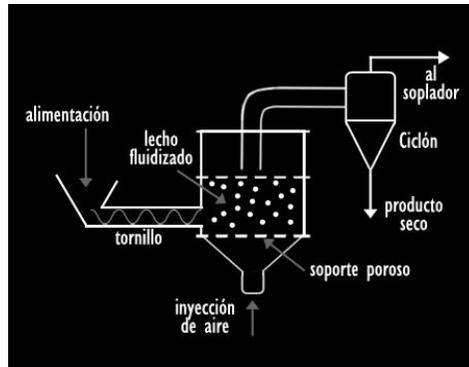


Figura 1. Esquema del proceso

APLICACION DE LA TECNOLOGIA CFD DE COMSOL (COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS)

Utilizando CFD es posible construir un modelo computacional que represente un sistema a estudiar especificando las condiciones físicas y químicas del fluido al prototipo virtual y el software entrega la predicción de la dinámica del fluido, por lo tanto es una técnica de diseño y análisis implementada en una computadora. Las principales ventajas que aporta el uso de esta tecnología son: la predicción de las propiedades del fluido con gran detalle en el dominio estudiado, el diseño y prototipaje del equipo evitando realizar costosos experimentos, y la visualización y animación del proceso en términos de las variables del fluido. [1]

SIMULACIÓN DEL DOMINIO Y CONDICIONES FÍSICAS

El fluido que ingresa al sistema es aire a presión atmosférica, y el análisis se realiza en régimen estacionario y se trabaja con un flujo incompresible. Además, se desprecian las pérdidas de carga y la variación de temperatura.

La Temperatura del aire que ingresa por la tubería es de 293 K (20°C), la temperatura del elemento calefactor es variable y se toman valores entre 500 K y 1000 K, la temperatura de los granos en el secador es de 293 K (20 °C). Se trabaja con una velocidad promedio de entrada del aire variable de 0,5 m/s, y la temperatura de los granos a secar variable está entre 293 K y 300 K

METODOLOGÍA

La simulación del comportamiento de diferentes fluidos es una técnica muy utilizada en la mayoría de las industrias, siendo la dinámica de fluidos computacional CFD técnicas que utilizan métodos numéricos y algoritmos para reemplazar los sistemas de ecuaciones diferenciales parciales en sistemas algebraicos de ecuaciones a resolver mediante el uso de computadoras.

Las técnicas CFD proporcionan información cualitativa y cuantitativa de la predicción del flujo de fluidos por medio de la solución de las ecuaciones fundamentales, permiten predecir o simular comportamientos en un laboratorio virtual.

Mediante la simulación con el software COMSOL se reproducirá que sucede con el flujo del fluido dentro del secador de granos. Se estima una densidad de granos constante dentro del secador que ingresa a una temperatura constante. Luego se evaluará bajo distintas temperaturas de entrada y bajo distintas velocidades de ingreso en el calentador del aire del fluido. [3] [4]

PROTOTIPO DE LA GEOMETRÍA

La plataforma de simulación COMSOL permite realizar el prototipo del sistema que se observa en la Figura 2.

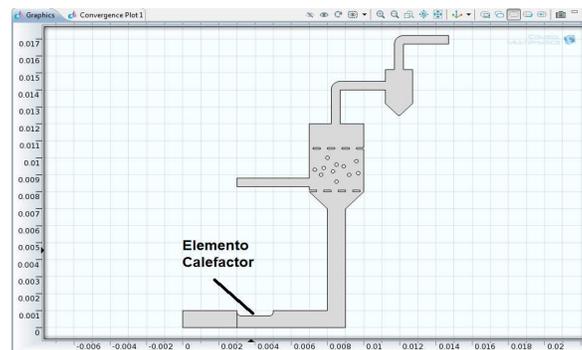
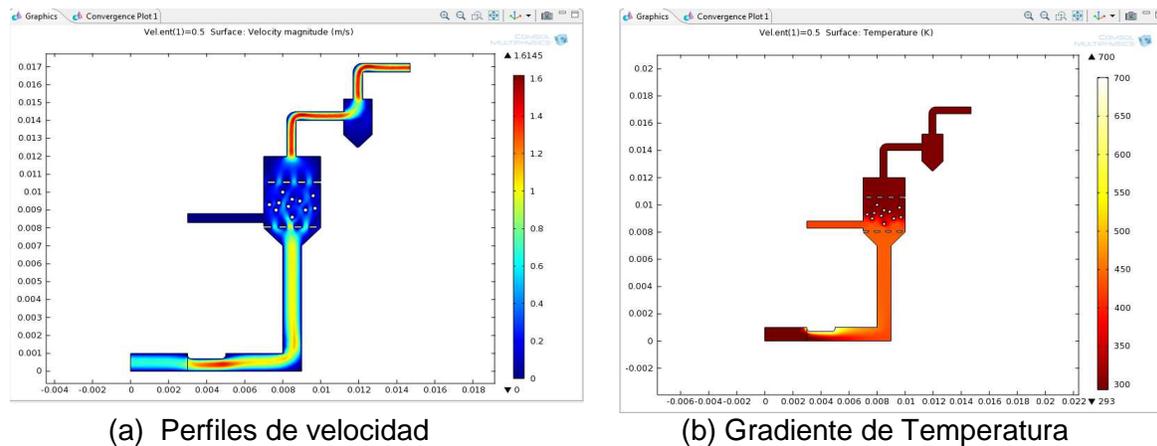


Figura 2. Geometría del equipo

RESULTADOS



(a) Perfiles de velocidad

(b) Gradiente de Temperatura

Figura 3.

En la Figura 3, si se considera que se inyecta aire en el ingreso del secador a una velocidad constante de 0,5 m/s, se pueden apreciar las superficies de nivel para el perfil de velocidades del fluido (a), y para el gradiente de temperatura (b). En la Figura 4 (a) el aire ingresa a una temperatura de 293 K, el elemento calefactor se encuentra a 700 K, la temperatura de los granos es 293 K y la velocidad del aire varía de 0,5 m/s a 3 m/s.

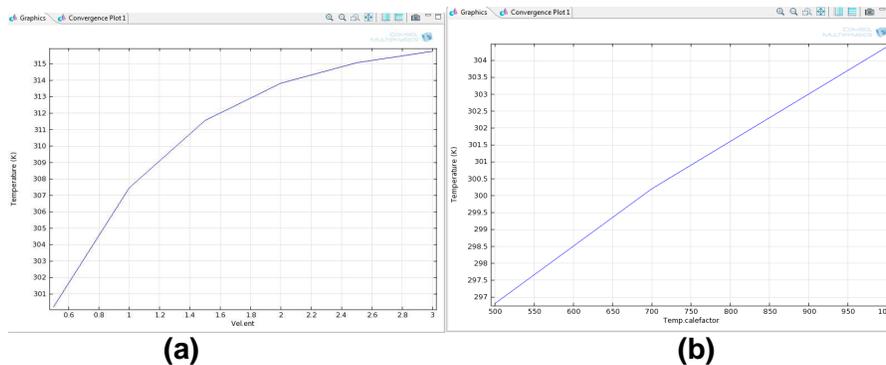


Figura 4. Temperatura de salida del aire en el ciclón.

Se observa que a medida que se aumenta la velocidad del aire que ingresa al secadero, la temperatura de salida del aire se incrementa primero en forma lineal, hasta aproximadamente 1 m/s, y luego comienza a estabilizarse en un valor constante, es decir que aunque se aumente la velocidad de entrada no se logra que la temperatura de salida se comporte en forma lineal. Una situación inversa, ocurre con la densidad de aire a la salida del ciclón, ya que ésta disminuye lo que indica que el fluido se dilata por un aumento de la temperatura. Si se analizan distintas velocidades de ingreso de aire, es posible encontrar la relación entre estas y la temperatura de salida, lo que permite ajustar el secador a los requerimientos de los granos a secar y a las variaciones de temperatura y carga de la misma. En la Figura 4 (b), si se considera una velocidad de entrada de aire de 0,5 m/s, y se varia la temperatura del elemento calefactor, la temperatura de salida, presenta una relación lineal con la temperatura del elemento calefactor, es decir, que si se mantiene constante la velocidad de entrada se logra ajustar la temperatura de salida del ciclón, regulando la temperatura del elemento calefactor.

CONCLUSIONES

La investigación de los conceptos teóricos del tema fue de fundamental importancia para poder analizar la propuesta, pero se considera con igual relevancia el apoyo de los recursos informáticos sin los cuales la interpretación del modelo no podría haberse llevado a cabo. La utilización de un entorno de trabajo con una plataforma de simulación multifísica resulta conveniente para la resolución de sistemas de flujo de fluidos en los cuales la geometría del problema dificulta la resolución por métodos analíticos convencionales. En cuanto al sistema tratado, se podría haber complejizado su estudio realizando el análisis de otros parámetros, como por ejemplo indagar respecto a la salida del fluido cuando ocurren cambios en la granulometría, estudio que se tiene previsto realizar en una futura investigación.

REFERENCIAS

- [1] Tinnirello, A.; Gago, E.; et al. (2013). *Interdisciplinary activities to improve the learning methodology performed in mechanical engineering degree studies*. EDULEARN 2013 (pp. 5407-5416). Barcelona.
- [2] Cengel, J.; Cimbala, J. (2006). *Mecánica de Fluidos: Fundamentos y aplicaciones*. México. 2ª Ed. Edit. McGraw-Hill. México.
- [3] Torres, R; Grau, J. (2007). *Introducción a la mecánica de fluidos y transferencia del calor con Comsol Multiphysics*, Barcelona. Addlink Media.
- [4] Comsol. *Introduction to CFD (2011). Módulo, versión 4.2a*.