

DESARROLLO DE INSTRUMENTO VIRTUAL ENFOCADO EN LA ADQUISICIÓN DE DATOS PARA GENERAR PERFILES DE TEMPERATURA EN HORNOS

DEVELOPMENT VIRTUAL INSTRUMENT FOCUSED ON DATA ACQUISITION TO GENERATE TEMPERATURE PROFILES IN OVENS

Ing. Daniel Ernesto Marrugo Carreazo^a, MSc(c) Gustavo Guerrero Gómez^b, MSc. July Andrea Gómez Camperos^c

^a Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, , vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia, jarevalot@ufpso.edu.co

^b Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, vía Acolsure, Sede el Algodonal, Ocaña, Colombia, gguerrerog@ufpso.edu.co

^c Servicio Nacional de Aprendizaje, Red Tecnoparque Colombia, Nodo Ocaña, Grupo de Investigación GINDET. Transversal 30 #7-110 Barrio la Primavera, Ocaña, Norte de Santander, Colombia. Tel:+(57+7) 5611035. E-mail: julyandregomez@misena.edu.co

Fecha de recepción: 11-11-2015

Fecha de aprobación: 30-11-2015

Resumen: El Artículo presenta el diseño, desarrollo e implementación de un Instrumento virtual para la generación de perfiles de temperatura en el proceso de cocción en hornos, obteniendo una curva característica del proceso de cocción real, a través de una plataforma virtual acoplada a un sistema de adquisición de datos, El propósito, es la obtención de un patrón real del comportamiento térmico del proceso de cocción en su estado transitorio, para luego compararlo con un tópico ideal y así determinar las fallas en el proceso con la implementación de tecnologías disponibles, la selección de los sensores de temperaturas y de las tarjetas de adquisición de datos.

Palabras clave: Instrumento virtual, sistema de adquisición de datos, perfiles de temperatura, curva de cocción, Sistemas embebidos.

Abstract: This article shows the design, development and implementation of a Virtual Instrument to generate temperature profiles in the oven cooking process, getting a curve of real cooking process, through a virtual platform connected to a data acquisition system. This work aims to obtain a real pattern for thermal performance of cooking process on its transitory state,

and then to compare it with an ideal topic to determine failures on process implementing available technologies, the selection of temperature sensors and data acquisition cards.

Keywords: virtual instrument, data acquisition system, temperature profiles, cooking process, embedded systems.

1. INTRODUCCIÓN

En los procesos donde intervienen la transferencia de calor de forma directa o indirecta en grandes proporciones, se presentan pérdidas de energía que van ligadas con el desconocimiento del comportamiento térmico de los mismos; En algunos procesos de cocción de elementos cerámicos se presenta deficiencia en la cocción e ineficiencia en la combustión completa del combustible.

Los perfiles de temperaturas son esenciales para el análisis de la transferencia de energía calorífica, además son de vital importancia para identificar las causas reales de las fallas presentes en los procesos de elaboración de ladrillos y tejas; por esta razón se realizó una herramienta de aplicación, la cual permite la determinación y registro de los perfiles de temperatura con la finalidad de mejorar el funcionamiento de estos hornos, aumentando la calidad del producto final, la disminución de combustible, las pérdidas de energía y las emisiones de gases al ambiente.

Estas graficas del proceso de cocción proporcionan parámetros para que el operario modifique la forma en la que se realiza el proceso de transferencia de energía, establezca las condiciones más apropiadas para operar el horno e identifique una ubicación representativa para el

monitoreo de temperatura. Con este instrumento se coloca a disposición las tecnologías virtuales desde la perspectiva de la adquisición de datos, de manera fácil e interactiva para el usuario final; así mismo se encontró perfiles de temperatura para que se realicen estudios como balances de energía en estos procesos aumentando la eficiencia térmica de estos hornos y reduciendo el impacto ambiental y el consumo energético.

2. METODOLOGÍA

Un dispositivo virtual es un objeto que posee la capacidad de producir un efecto, sin estar presente físicamente. Un instrumento virtual básicamente utiliza un dispositivo usado para medir o controlar una variable física como la presión, la temperatura, la velocidad o la fuerza a través de un hardware y un software usados en un computador personal (PC), el cual puede ser modificado ilimitadamente por el usuario. Los instrumentos virtuales son una mejora de los instrumentos tradicionales que se caracterizan por realizar una o varias funciones específicas que no pueden ser modificados.

Los instrumentos virtuales se consideran “reales” en el sentido de que son capaces de adquirir y procesar datos originados a partir de un fenómeno físico producido en el

mundo real, estos instrumentos están constituidos de un ordenador o estación de trabajo equipada con poderosos programas (*software*), tarjetas de adquisición de datos (*hardware*) y drivers que en conjunto completan la funciones de los instrumento tradicionales.

2.1. Comparación de un instrumento tradicional y un instrumento virtual

Los argumentos utilizados en los instrumentos tradicionales son similares a la de un instrumento virtual basado en un ordenador personal. La instrumentación virtual como la tradicional necesita de equipos para el procesamiento de datos como lo son los microprocesadores, puertos de comunicación y capacidad de mostrar el fenómeno medido o controlado al usuario final. Los dos instrumentos cuentan con tarjetas para traducir adquirir y registrar esos fenómenos físicos. Lo que los diferencia y proporciona una ventaja al instrumento virtual es la flexibilidad y la posibilidad de que el usuario modifique la funcionalidad del instrumento.

En la tabla 1 se especifica un paralelo entre las dos tecnologías de instrumentación utilizadas para la medición y control de un fenómeno físico.

Tabla 1. Instrumentación tradicional VS instrumentación virtual.

| Instrumentación tradicional | Instrumentación virtual |
|---|---|
| Definida por el fabricante. | Definido por el usuario. |
| Funcionalidad específica, con conectividad limitada. | Funcionalidad ilimitada, orientado a aplicaciones, conectividad amplia. |
| Hardware es la clave. | Software es la clave. |
| Alto costo. | Bajo costo, variedad de funciones, reutilizable. |
| Arquitectura cerrada. | Arquitectura abierta |
| Lenta incorporación de nuevas tecnologías. | Rápida incorporación de nuevas tecnologías, gracias a la plataforma PC |
| Bajas economías de escala, alto costo de mantenimiento. | Altas economías de escala, bajo costo de mantenimiento |

Fuente: Blanco Ángel 2006

2.2. Programación en Labview

(Clark, Cockrum y Smith 1994). Señalan que LabVIEW es un lenguaje de programación gráfica, que se ejecuta a velocidades comparables con programas compilados en C; igualmente mencionan que un instrumento virtual es un módulo de software, realizado gráficamente para que parezca un instrumento físico; tiene un panel frontal que sirve como interface interactiva para entradas y salidas, un diagrama de bloque que determina la funcionalidad del instrumento virtual. Resaltan estos autores, como característica muy importante del Labview que, por ser conceptualmente simple, los estudiantes se pueden concentrar en el contenido básico del experimento, no perdiendo tiempo en actividades menos importantes, como la recolección de datos.

La programación grafica se basa en cuatro elementos básicos: Usos de iconos, cables gráficos y controles-indicadores. Programación en base a un diagrama de bloques. El uso de dos ventanas de programación: panel frontal y diagrama de bloques. Ejecución del programa en base al flujo de datos, en forma paralela. (GONZÁLEZ CAYUFILO, Y PRADINES PINO 2007)

Los instrumentos virtuales en LabVIEW o VIs constan de una pantalla de comando llamada panel frontal y un una pantalla de programación llamada diagrama de bloques. El panel frontal muestra los controles e indicadores, en contraste, el diagrama de bloques contiene toda la serie de instrucciones en secuencia serial o paralela para que los controles e indicadores funcionen de manera correcta y según la función que el usuario final requiera. En la figura 1 se muestra el panel frontal (BITTER y NAWROCKI 2007)

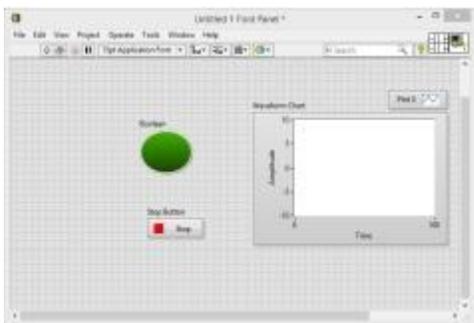


Figura 1. Panel frontal en LabVIEW.

Fuente: Elaboración propia.

2.3. Proceso de cocción de materiales cerámicos

La cocción de los productos cerámicos constituye, en consecuencia, la etapa más importante del proceso de fabricación. En la industria cerámica, se entiende por cocción el proceso físico - químico de calentamiento, de acuerdo con un plan preestablecido, de las piezas crudas moldeadas, seguido de un enfriamiento según un plan igualmente bien definido. En él, las arcillas se transforman en silicatos de aluminio cristalinos sin hidratar. No se conoce exactamente la influencia de algunos factores que intervienen en la cocción, no bastando con elevar la temperatura, pues cada tipo de producto necesita una determinada en función de su composición química, sus dimensiones y sobre todo del espesor. Si la cocción se hace lentamente, se mejora la calidad, pero con ello aumentan los costos. Industrialmente se estudian las curvas de temperatura-tiempo de cada horno para conseguir el equilibrio del sistema. Mediante el aporte de calor se produce un proceso de transformaciones físico-químicas que modifican la estructura química y cristalina de las arcillas de forma irreversible, adquiriendo consistencia pétrea y obteniéndose finalmente los productos cerámicos. (BLANCO Francisco 2011).

2.4. Etapas del proceso de cocción de cerámicos

Los procesos por el cual el material cerámico cambia su estructura en función de la temperatura de cocción se muestra a continuación. (Atariguana y Mosquera. 2002).

De 0°C a 400°C se elimina residuo de humedad con dilatación de la pasta.

De 400°C a 600°C eliminación del agua combinada, descomposición en óxidos, retracción de la pasta y aumento de porosidad.

De 600° a 900° formación de un metacaolín inestable.

De 900° a 1000° formación de silicatos por reacción de los óxidos.

Más de 1000° transformación molecular de los silicatos cristalizando en agujas.

La cocción puede considerarse como la fase más delicada de todo el proceso de fabricación cerámica, porque un gran número de defectos del producto cerámico se manifiestan después de la misma, aunque su origen esté en una etapa anterior del proceso de fabricación. (Blanco Álvarez, 2011)

3. DISEÑO DEL INSTRUMENTO VIRTUAL ENFOCADO A LA ADQUISICIÓN DE DATOS

La interfaz de usuario fue necesaria para la creación de este instrumento virtual. Esta proporcionó al operador los datos, gráficas y controles para la correcta visualización y manipulación del mismo.

El diseño de esta interfaz se basó en interfaces usadas y soportadas por *National instruments*, las cuales sirvieron como base para el desarrollo de la interfaz del instrumento virtual.

Al tener un módulo E/S NI 9213 de la serie C, que censa hasta con 16 termopares se mostró la información censada en bloques

de 8 temperaturas, así pues se generaron dos bloques de temperaturas, es decir, el bloque 1 contiene las temperaturas de la número 1 hasta la número 8 y el bloque 2 las temperaturas de la número 9 hasta la 16. Esto se realizó así para facilitar la muestra de los datos al usuario ya que una gráfica y una tabla con 16 temperaturas registradas son poco entendibles para el usuario final. Las pantallas utilizadas para esta aplicación son pantalla de bienvenida, pantalla de inicio, pantalla de testeo del hardware de adquisición, pantalla principal visualización, pantalla de configuración, pantalla de reporte, pantalla secundaria de visualización bloque 1 y pantalla secundaria de visualización bloque 2. Como se muestra en la figura 2.



Figura 2. Pantalla de bienvenida

Fuente: Elaboración propia.

3.1. Modelamiento de la estructura de programación del instrumento virtual

Se utilizó el concepto de máquina de estado estilo productor/consumidor. Un patrón diseño maestro/esclavo o productor/consumidor se muestra en la figura 3. Este se caracteriza por ejecutar tareas en bucles paralelos, comunicándolos entre sí a través de una cola de datos. Estas colas de datos están incorporadas en el software para el desarrollo del instrumento

en la paleta de funciones avanzadas. Las colas de datos en el patrón de diseño productor/consumidor se generan por el intercambio de información del bucle productor y el bucle consumidor, las tareas a ejecutar por el usuario son producidas en el bucle productor, este bucle agregara los datos a la cola (agregar datos a la cola se conoce como "encolar") para luego descargarlos en el bucle consumidor (desencolar) en el orden en el que fueron encolados.

Una vez fijadas estas colas, solamente se pueden utilizar con un tipo particular de datos. Por lo tanto, cada elemento de dato distinto que se produce en el bucle productor debe ser colocado en colas aparte. Esto puede generar un problema por la complejidad agregada en el diagrama de bloques. La solución aplicada en el desarrollo de este instrumento fue implementar clúster de datos de diferentes tipos y fijarlos en una cola para luego utilizarlos como un *SubVI*.

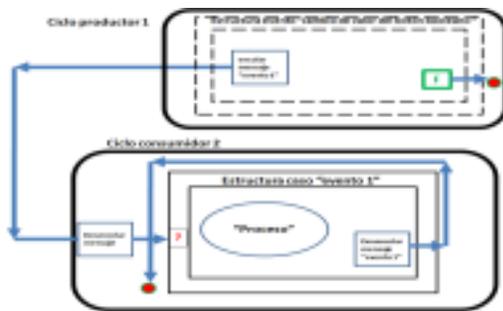


Figura 3. Arquitectura del patrón de diseño productor/consumidor.

Fuente. <https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-32964>

3.2. Adquisición de los datos a través del asistente DAQ.

La adquisición de las temperatura en el horno se hace a través del software manejador *DAQ assistant* del sistema embebido compact RIO, este software se encarga hacer la comunicación del sistema embebido con LabVIEW. En relación a esto, la programación se inició determinando el tipo de cola, en este caso de tipo cadena de texto, el mensaje "adquirir" es encolado en el ciclo productor cuando se presiona el botón iniciar y luego desencolado en el ciclo de configuración de controles; los controles son configurados por medio de propiedades de nodos "disabled" y "enabled", en un SubVI, se utilizaron referencias de los controles y se agruparon en una matriz, la salida de la matriz se conectó al SubVI que contiene las propiedades mencionadas.

El diagrama de estado para la adquisición de datos se muestra en la figura 4. En el ciclo configuración de controles se encola el mensaje "tomar", este mensaje es desencolado en el ciclo consumidor "adquisición", el mensaje es conectado al terminal de condición de un caso, el cual contiene el *DAQ assistant*. En ese mismo sentido dentro del caso se encola nuevamente el mensaje "tomar" para que se desencole en el ciclo de adquisición, en efecto el estado "tomar" se repetirá cíclicamente hasta que se presione el control "detener".

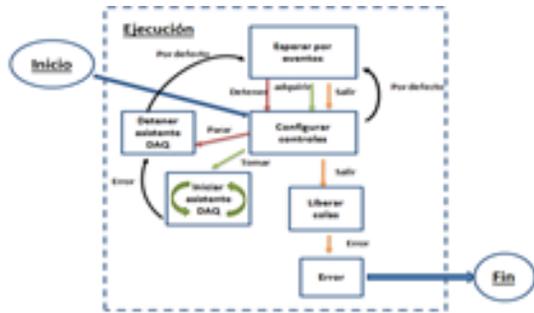


Figura 4. Diagrama de estado para la adquisición de datos en el instrumento.

Fuente: Elaboración propia.

4. Validación del instrumento virtual en los hornos seleccionados

4.1. Horno tipo hoffman

La adquisición de datos se realizó en el horno Hoffman en la ladrillera Ocaña, este tiene un producción diaria de 660 bloques por 44 apiles, los cuales son cargan en el horno en apiles de 660 bloques, luego se dispone a sellar las puertas con una pared provisional, la cual es derribada después de terminar la cocción, Así el ladrillo es enfriado a través de un ventilador de alta potencia, para poder retirar el producto por los trabajadores.

Para la inyección del carbón al proceso de cocción se utilizan dos carbojet y suministran carbón pulverizado a razón de 8Kg a 12Kg por minuto para mantener la temperatura requerida en el horno.

Los productos para la cocción son montados verticalmente, con la formación de canales entre ellos que permiten la circulación de los gases de combustión y se realiza a través del piso por la depresión causada por el ventilador de escape y la chimenea. Ver figura 5:



Figura 5. Diagrama de Cargue

Fuente: Elaboración propia.

Por facilidad, el sistema embebido para la toma de temperatura se ubicó en un cuarto de monitoreo paralela a la puerta 5 en el apile 31, Para la toma de las temperaturas se ubicaron ocho termopares tipo k, ver figura 6 ,en las siguientes posiciones 1: Temperatura del centro interior, 2: Temperatura del piso interior, 3: Temperatura de la pared interior, 4: Temperatura de la cúpula interior, 5: Temperatura centro exterior, 6: Temperatura del piso exterior, 7: Temperatura de la pared exterior, 8: Temperatura de la cúpula exterior.

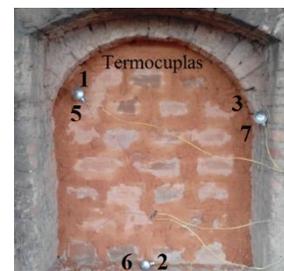


Figura 6. Ubicacion de los termopares en el horno.

Fuente: Elaboración propia.

En el horno tipo Hoffman el tiempo de muestro es de 3 minutos (180 segundos). Seguidamente en el momento en que se abrió la puerta de descargue, se detuvo la

adquisición de datos, el proceso de cocción tuvo una duración de 24 horas y 21 minutos.

4.2. Horno circular

La adquisición de datos se realizó en el horno circular en la ladrillera el recreo ubicado en el municipio de Ocaña, este tiene una producción diaria 4300 ladrillos, luego se dispone a sellar las puertas con una pared provisional, la cual es derribada después de terminar la cocción.

Para la toma de las temperaturas se ubicaron ocho termopares tipo k en las siguientes posiciones 1: Temperatura del centro interior, 2: Temperatura del piso interior, 3: Temperatura de la pared interior, 4: Temperatura de los gases, 5: Temperatura centro exterior, 6: Temperatura del piso exterior, 7: Temperatura de la pared exterior, 8: Temperatura ambiente. Ver figura 7.

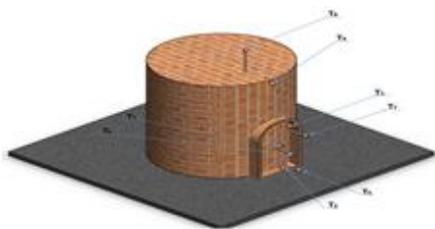


Figura 7. Ubicación de los termopares. Horno circular.

Fuente: Elaboración propia

Se validó el instrumento en el horno circular, en este caso el intervalo de tiempo para el registro de temperatura fue de 5 minutos (300 segundos), el proceso de registro de los datos inicio cuando empezó el proceso combustión del carbón en la parte inferior, el monitoreo en este horno fue constante y tuvo una duración de 2 días, 16 horas y 55 minutos.

5. RESULTADOS

La grafica de los perfiles generados se muestra en la figura 8.



Figura 8. Adquisición horno Hoffman.

Fuente: Elaboración propia

La temperatura máxima registrada por el instrumento en el interior de este horno fue de 941 °C, la temperatura de la pared de la puerta de descargue tuvo máxima temperatura 202 °C. El límite superior de temperatura operacional del horno se graduó en el instrumento primeramente en 750° C, cuando la temperatura interior del horno sobrepasó este límite se generó la alarma, en ese instante se notificó al operador del horno, el cual tomo acciones correctivas en la regulación de combustible en el carboyet. En efecto se aumentó en el valor de la temperatura límite superior en el instrumento virtual hasta los 850 °C que con el pasar del tiempo fue sobrepasada por la temperatura interna del horno y se generó nuevamente la alarma.

En la figura 9 Se muestra el perfil ideal de temperaturas para el proceso de cocción en comparación con la temperatura del producto en el centro del horno. Según los datos adquiridos la temperatura en el horno no alcanza la máxima temperatura recomendada, pero si está dentro del rango

de temperatura de maduración descrito anteriormente.

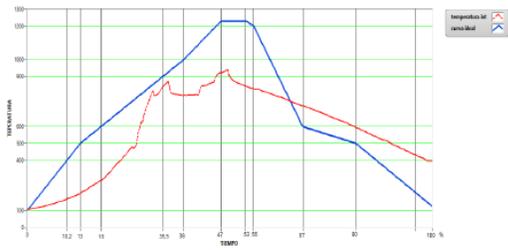


Figura 9. Comparación de la curva ideal con el proceso real. Horno Hoffman.

Fuente: Elaboración propia

En el periodo de humeo se observó que la pasta no alcanzó los 400°C en el porcentaje de tiempo estipulado idealmente.

El interior del horno alcanza los 403°C en un 24% del tiempo total de cocción; lo que representa una diferencia del 14% recomendado por la curva ideal, es decir, que la fase de humeo se extendió y en efecto hubo un aumento en la propagación de vapor de agua y en la dilatación de la pasta. La mayor cantidad de humos es liberada en esta etapa, el agua higroscópica es extraída del ladrillo lo que representa un periodo de dilatación por acumulación de vapor en la pieza.

En segundo lugar entre 400°C y los 600°C se produce la fase de descomposición de la materia orgánica, en esta se elimina el agua combinada, se aumenta la porosidad y se retracta la pasta. En la curva real del proceso se ve un aumento rápido de en esta fase, esto se debe a que el carboyet para precalentamiento, está pasando por el apile de ladrillos. El tiempo consumido en esta fase es del 4.14% del tiempo total de

cocción y una temperatura de 589°C. Este porcentaje está por debajo del recomendado, el proceso real está desfasado en comparación con el tópico ideal, ver Figura 8. En la curva ideal entre los 400°C y los 500°C el aumento es rápido pero disminuye al llegar a los 500°C y aumenta paulatinamente hasta los 600°C, en contraste en la curva ideal sucede lo contrario, el aumento rápido ocurre entre los 488°C y los 589°C.

La temperatura máxima registrada es de 956°C, en donde la fase de maduración de la pasta se completa. En este momento la pasta empieza a vitrificarse lo que aumenta la resistencia mecánica de los productos. Esta fase finaliza un porcentaje de tiempo después que la curva ideal alcanza el punto máximo de temperatura.

En el horno el calentamiento es rápido pero la cantidad de oxígeno no es abundante por lo que la oxidación no es completa ni tampoco la eliminación de azufre dando lugar a manchas rojizas y núcleo rojizo produciéndose hinchamiento y deformaciones en los ladrillos.

Finalmente se puede concluir que la fabricación de ladrillos en el municipio de Ocaña, departamento Norte de Santander (Colombia) sigue siendo principalmente un método artesanal, teniendo como principales desventajas la contaminación atmosférica, el uso irracional del suelo y la falta de eficiencia térmica.

La gráfica de los perfiles generados se muestra en la figura 10.

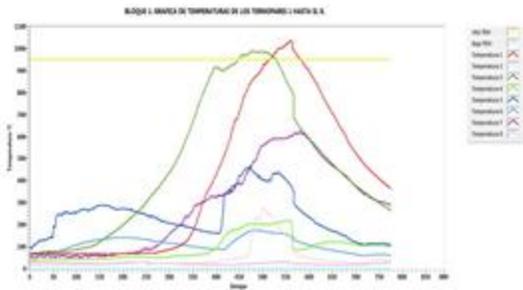


Figura 10. Adquisición horno Circular.

Fuente: Elaboración propia

La temperatura máxima registrada por el instrumento en el interior del horno fue de 1034 °C y la temperatura de la pared exterior de 173 °C.

El perfil de temperatura de este horno en comparación con el tópicico ideal se muestra en la Figura 11. En cuanto a este horno, el proceso de cocción es lento, lo que puede aumentar el consumo de energía y atrasos en el producto. En este horno la temperatura inicial en el interior del horno fue de 63 °C y alcanza los 100 °C en un 42% del tiempo de cocción, esto se debe a que la cocción en este tipo de horno sucede aleatoriamente, es decir, la dirección de llama de la combustión del carbón alrededor del horno es incierta.

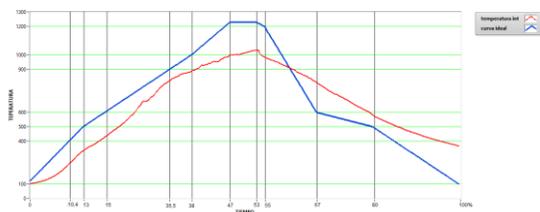


Figura 11. Comparación de la curva ideal con el proceso real. Horno circular.

Fuente: Elaboración propia

El proceso de humeo inicia, y la curva asciende rápidamente hasta alcanzar los 400°C en un 16% del tiempo total requerido

para la cocción, evidentemente está por encima del 10% recomendado, es decir la generación de vapor de agua en la pieza se extiende un 6% más de lo ideal, haciendo que la pieza se dilate por más tiempo.

El perfil de temperatura real tiende a acercarse al ideal entre los 600°C y los 900°C, lo que pone al descubierto que la energía liberada por la oxidación de carbón está muy cerca de ser la ideal, a pesar de que es este horno no se tiene ninguna especie de control. Así mismo se observó que el porcentaje real de tiempo gastado en este intervalo fue de 14%.

6. CONCLUSIONES

Con el desarrollo de esta investigación, se logró obtener los perfiles de temperaturas a través de un instrumento virtual en hornos de diversas geometrías.

El empleo de la tecnología seleccionada, basada en el sistema compact RIO de la empresa National instruments, facilitó el monitoreo y registro de datos adquiridos; la confiabilidad que brinda este sistema embebido garantizó datos muy precisos, además el número de lecturas de voltaje análogo producidos por estos termopares, es un beneficio a la hora de abarcar un estudio más amplio en cuanto se refiere a puntos de referencia en los hornos, en consecuencia se pudo observar un panorama mucho más real del proceso de cocción.

La generación de un informe desde el instrumento virtual, ayudo a la interpretación de los perfiles de temperaturas, esto por la forma en la que se

organizaron las tablas y las gráficas realizadas automáticamente por el mismo. Las posiciones de los termopares en los hornos fueron claves para este propósito.

La situación real del comportamiento térmico del proceso de cocción en los hornos se puede evidenciar en las diferencias en los porcentajes de tiempo para cada fase en la cocción.

En la fase de hurneo los hornos no hay concordancia con la curva ideal, sin embargo la diferencia entre el patrón ideal y el real en esta fase es muy baja observando diferencias del 17.61%, 9,6% y 7.61 para los hornos tipo Hoffman, circular y cuadrado respectivamente. A pesar de esto la falta de control en este proceso puede producir el agrietamiento de la pieza, puesto que en esta fase se dilata la pieza por la acumulación de vapor de agua dentro de la misma. Un aumento lento entre los 100°C y los 400°C en esta etapa puede reducir esta falla, sin embargo este efecto produce mucho más tiempo de los ladrillos en el horno lo que disminuye la demanda de productos.

El incremento de temperatura registrada superior a los 20 grados centígrados por hora para la etapa de cocción afecta con los estándares comerciales de calidad en cuanto a la coloración.

Temperaturas de los gases de escape superiores a los 100 grados centígrados implican tener posibilidades de recuperación de calor residual en el aprovechamiento de secado de piezas con el calor residual en la inercia térmica del horno, secado y precalentamiento de aire de combustión.

La ladrillera en su proceso de cocción no cuenta con la instrumentación y control que le permita el registro de datos de temperatura, suministro de aire y carbón no permitiéndole mejorar las condiciones de dosificación manual adicionalmente rastrear problemas particulares del horno en cada bache.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ATARIGUANA GUARTATANGA, Carlos Rubén. MOSQUERA CASTRO, Wilson Alfredo. Diseño de un sistema de control automático para optimizar el rendimiento de un horno túnel. Análisis del proceso de cocción, capítulo 1. 2002
- BITTER, Richard. MOHIUDDIN, Taqui. NAWROCKI, Matthew R. LabVIEW: Técnicas avanzadas de programación, segunda edición. 2007.
- BLANCO ÁLVAREZ, Francisco. Lección 7, cocción. Universidad de Oviedo, escuela de minas. España 2011. 1-4 p.
- BLANCO PÉREZ, Ángel Ramón. Desarrollo de instrumentos virtuales de medición para un laboratorio de electrónica. 2006. 29-35 p.
- CLARK, d. COCKRUM, e. SMITH, r. Simulación y Emulación de sistemas de instrumentación biomédica usando objetos orientados a la programación. 1994
- FERNÁNDEZ, Marcelino. Laboratorio técnico cerámico S.L. cocción de

- productos cerámicos. Capítulo 5.2, 2000. 302-308 p.
- GONZÁLEZ CAYUFILO, Rodrigo. PRADINES PINO, Rodrigo. Análisis de software para desarrollo entorno gráfico labview y propuesta de implementación para laboratorio en el instituto de electricidad y electrónica en universidad austral de chile. 2007.
- HERNÁNDEZ MARTÍNEZ, Heriberto I. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, Ángel F. GARCÍA MATÍAS, Josué N. Evolución de la instrumentación electrónica programable.
- HOGAN, Kevin. Arquitecturas para el diseño de aplicaciones en LabVIEW. *National instruments*.
- LÓPEZ VELASCO, Walter Estuardo. MOYÓN AMAGUAYA, Nelson Fabián. Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de temperatura con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica. 2011.
- PAYARES PÉREZ, Carlos Alberto. Estudio de la relación entre las propiedades físicas finales de los bloques cerámicos para mampostería y los perfiles de temperatura presentados en el horno durante su cocción en la ladrillera Ocaña, 2014. 40-50 p.
- RODRÍGUEZ RAMÍREZ. J. F, Diego Nava. MARTÍNEZ ÁLVAREZ, c. MÉNDEZ LAGUNAS, I. AGUILAR LESCAS, m. Perfiles de temperatura en un horno ladrillero. Revista Mexicana de Ingeniería Química, vol. 3, núm. 2, 2004. 209-217 p.
- MARRUGO C. Daniel Ernesto. Desarrollo de un instrumento virtual para la generación de perfiles de temperatura en hornos. Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña. Ingeniería Mecánica. 2015.