

IMPLEMENTATION OF A SCADA SYSTEM TO IMPROVE THE DRYING AND FIRING PROCESSES OF SIGMA LTD. BRICK COMPANY

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA TIPO SCADA PARA MEJORAR LOS PROCESOS DE SECADO Y COCCIÓN DE LA LADRILLERA SIGMA LTDA.

MSc. Jorge Sánchez Molina, Ing. John F. Gelves Díaz, MSc. Rosa Patricia Ramírez

Universidad Francisco de Paula Santander

Centro de Investigación de Materiales Cerámicos "CIMAC".

Avenida Gran Colombia, No. 12E-96, Cúcuta, Colombia, Tel. +57-7-577 6655 Ext. 353.

E-mail: j_sanchezmolina@yahoo.es, johngelves@yahoo.es, patico_rd@hotmail.com

Abstract: This paper deals with the implementation of a monitoring system for the drying and firing operations of this Company, as well as the automatization of the coal feeders stocker type used on two of the inverted flame kilns. The development made is the only one in the country for this type of ovens. The design is based on the use of Logical Programmable Controllers "PLC", electronic cards with micro controllers, electronic sensors, applications for visual link with the operator SCADA type, frequency variations for the stockers control and the use of the wireless communication for the data sending and reception with the server.

Key Words: Firing, Kiln, SCADA, PLC, ceramics.

Resumen: El artículo trata de la implementación de un sistema de monitoreo para las operaciones de secado y cocción de la empresa, así como la automatización de los alimentadores de carbón utilizados en los hornos de llama invertida. El desarrollo realizado es único en el país para este tipo de hornos. El diseño esta basado en el uso de controladores lógicos programables PLC, tarjetas electrónicas con microcontroladores, sensores electrónicos, aplicaciones para enlace visual con el operario tipo SCADA, variadores de frecuencia para el control de los *stocker* y el uso de la comunicación inalámbrica para envío y recepción de datos con el servidor.

Palabras Clave: Cocción, Horno, SCADA, PLC, cerámica.

1. INTRODUCCIÓN

En estudios previos desarrollados por el Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC de la Universidad Francisco de Paula Santander, se identificaron las principales necesidades que tiene la industria de la arcilla del Norte de Santander y se presentaron algunas estrategias para solución a las mismas. La aplicación de nuevas tecnologías fue una de las principales necesidades que se identificó en su momento; para hacer frente a este aspecto surgió como estrategia "*La participación en las*

convocatorias de Colciencias" para la obtención de recursos a través del trabajo conjunto entre las unidades académicas de la Universidad Francisco de Paula Santander y el sector productivo (Betancur y Gelves, 2006; Prato, 2008; Sánchez, 2008). La Ladrillera Sigma Ltda. hizo parte de esta estrategia presentando una propuesta para la realización de un sistema de monitoreo de las etapas de secado y cocción, además de la automatización de los hornos tipo *Stocker*, dicha propuesta fue seleccionada para su financiación mediante la modalidad de cofinanciación.

Los sistemas de control supervisorio y adquisición de datos SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) se empezaron a utilizar en los años ochenta con el auge de la informática, a partir de esta década los monitores empezaron a reemplazar los robustos cuadros de control. En el transcurso de los años han aparecido nuevos conceptos tecnológicos que han llevado a que los sistemas SCADA sean utilizados en infinidad de aplicaciones tanto de manufactura como de servicios (Rodríguez, 2007; Sánchez, 1995).

Aunque el uso de sistemas de supervisión, control y adquisición de datos esta muy difundido en la mayoría de las industrias del mundo (Maldonado *et al.*, 2008; Sánchez, 2006), son muy pocas las empresas de la zona metropolitana de San José de Cúcuta donde se han implementado. Empresas grandes como la planta de cementos, Cinsa S.A, Cerámica Italia y Cerámica Andina son unas de las pocas empresas que poseen este tipo de tecnología. De todas las pequeñas y medianas empresas que se dedican a la fabricación de productos cerámicos en la región Sigma Ltda es pionera en la implementación de sistemas SCADA.

El SCADA de Sigma Ltda se diseñó para el monitoreo de los 12 hornos y 14 cámaras de secado existentes en la empresa, en referencia a procesos de control se realizó la automatización de los alimentadores de carbón tipo Stocker. Dentro las características principales del sistema se encuentran la conexión inalámbrica para la recepción de datos por parte del servidor, aplicación de programación desarrollada por el software de visualización VIP WIN de la empresa Festo de Colombia, visualización del estado de proceso tanto de la persona encargada del sistema como de los operarios de los hornos y secaderos.

2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo del proyecto se siguió el proceso mostrado en la figura 1.

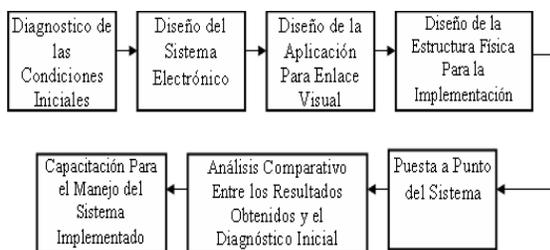


Fig. 1. Proceso utilizado para la implementación del SCADA en Sigma Ltda.

2.1 Diagnóstico general de los procesos de secado y cocción iniciales

Se realizaron visitas a planta para evaluar el control inicial ejercido en cada uno de los procesos de secado y cocción, esto con el fin de generar posibles mejoras al sistema. Se realizaron actividades como: identificación y cuantificación de las condiciones iniciales de operación en cada una de las etapas de los procesos de secado y cocción, y elaboración de un plano digitalizado de la distribución de hornos y secaderos para la adecuación del sistema a implementar.

2.2 Diseño del sistema electrónico

Con base en el diagnóstico inicial se procedió al diseño de un sistema lógico para la obtención de las diferentes variables a monitorear, en el caso de los hornos la variable es la temperatura y para las cámaras de secado humedad relativa y temperatura. En los secaderos se utilizó el sensor TRH-303A, el cual es un transmisor de temperatura y humedad relativa que convierte las variables de temperatura y humedad en señales eléctricas análogas de 4-20mA. Este sensor se escogió pues soporta temperaturas de hasta 100 °C y mide la humedad relativa de 0- 100%. La sensórica utilizada para el monitoreo de los hornos de llama invertida fueron termocuplas tipo “k” de 1.20 metros de largo completa con termopozo de ½ pulgada NPT en acero inoxidable, alambre calibre 8 AWG, cabezote, Terminal cerámico y aisladores. A cada horno se instalaron dos termocuplas.

La información recolectada por los sensores en las cámaras de secado es enviada a un Controlador Lógico Programable-PLC, para el proyecto se utilizaron PLC de la marca UNITRONICS referencia M91-2R6C y M91-2-R1, se escogió este tipo de equipo ya que contienen una interfaz hombre máquina que permiten una fácil programación y es posible la utilización de módulos de expansión. El diseño desarrollado en esta sección permite al operario ingresar y obtener información de las diferentes cámaras de secado; La información manejada por el OPLC es enviada a una terminal remota utilizando el protocolo RS-485 sobre una plataforma inalámbrica (Ver figura 2). En el caso de los hornos la información obtenida por las termocuplas es recibida por una consola de supervisión compuesta por indicadores digitales y una tarjeta electrónica personalizada cuya función es dar conocer si las temperaturas sensadas están por debajo o por encima de una temperatura patrón predeterminada utilizando

indicadores visuales, los indicadores digitales son los encargados de mostrar la temperatura que registran las termocuplas, de igual forma se encargan de enviar esta información hacia la terminal, la respuesta de esta última será el estado del horno respecto a la curva predeterminada, esta información finalmente será enviada hacia la tarjeta personalizada (Ver figura 3). La comunicación entre la consola de supervisión y la terminal remota también se lleva a cabo de forma inalámbrica (Balcells y Romeral, 1998; Joseph, 1998, Gelvez et al., 2006)

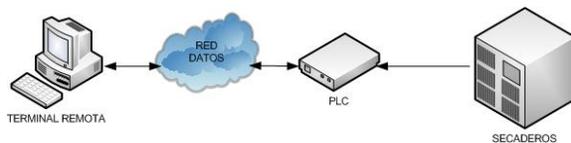


Fig. 2. Diagrama de bloques del sistema de monitoreo en las cámaras de secado

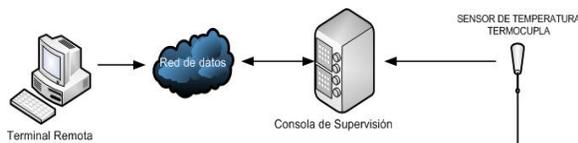


Fig. 3. Diagrama de bloques del sistema de monitoreo en los hornos Colmena

Para lograr la automatización de los hornos con alimentadores tipo Stocker se utilizaron variadores de frecuencia en los motores del dosificador de carbón y del ventilador para inyección de aire, estos variadores de frecuencia están gobernados por una tarjeta electrónica personalizada adicional a la utilizada para el monitoreo, esta tarjeta realiza el control de acuerdo a la información recibida de la terminal remota. En la figura 4, se muestra un esquema de la consola de supervisión y control, en esta se ha omitido las termocuplas, haciendo más énfasis en los variadores de frecuencia y los actuadores.

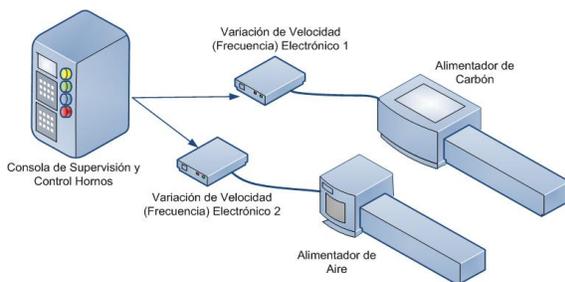


Fig. 4. Diagrama de bloques del sistema de control para los hornos con alimentadores tipo Stocker

2.3 Diseño de la aplicación para enlace visual con el operario

Para el diseño de la aplicación se utilizó el software VIP WIN de la empresa Festo. Y para el desarrollo del proyecto fue adquirida una licencia del software de desarrollo Vip Win de visualización y adquisición de datos para 16 variables, con comunicación a librerías del sistema operativo para manejo de base de datos y graficación. El software para enlace visual se distribuye a través de un CD que contiene el instalador y demás archivos necesarios para el óptimo funcionamiento del programa. Para la instalación es necesario tener Microsoft .NET Framework, versión 1.0., Microsoft .NET Framework, versión 2.0., Adobe Flash Player 10. En la figura 5 se puede apreciar una ventana típica de la aplicación desarrollada en la Ladrillera Sigma Ltda.



Fig. 5. Ventana típica del SCADA desarrollado en la Ladrillera Sigma Ltda.

El programa permite la supervisión y el registro de la temperatura de los secaderos y hornos, de igual forma permite la supervisión y el registro de la humedad relativa en las cámaras de secado, por otro lado el programa está diseñado para realizar el control de los alimentadores de los hornos 4 y 7. Las condiciones mínimas requeridas para el sistema operativo es Windows XP con un procesador de 1.5 Ghz , 512Mb de RAM y 10 Gb de disco duro (Campos et al., 2006)

2.4 Diseño de la estructura física para la implementación del sistema

Como primera medida se establecieron los sitios estratégicos donde estarían ubicados los sensores. Para los hornos se estableció la ubicación de las termocuplas en cada una de las puertas del mismo, en los secaderos se ubicaron los sensores de medición y temperatura en la parte superior del techo de cada cámara de secado, dicha posición fue determinada con base a estudios previos realizados en la etapa de diagnóstico.

El siguiente aspecto fueron las obras civiles necesarias para la instalación del sistema tales como canaletas para enrutar el cable y para protección de interferencias producidas por otros equipos de la planta, adecuación de bases y soportes para el montaje de tubería EMT de ½ pulgada, colocación de cable 110 voltios y cables de termocupla, montaje de las consolas de supervisión, ubicación y conexión de los variadores de frecuencia y adecuación electromecánica de hornos con stocker para la implementación del sistema de control.

2.5 Puesta a punto del sistema de monitoreo

Una vez instalados los dispositivos en los sitios establecidos, se procedió al ajuste de los sensores en las cámaras de secado y en los hornos colmena, se realizó un trabajo intensivo para llegar al ajuste de las curvas patrón en los hornos con alimentadores tipo Stoker, se trabajó detalladamente en los flujos de aire y carbón hasta conseguir las condiciones adecuadas de combustión en el horno.

2.6 Análisis comparativo de los resultados

En esta fase se tomaron registros de las operaciones de secado y cocción realizadas con el nuevo sistema de monitoreo y control, se compararon estos resultados con la información registrada en el diagnóstico inicial, los aspectos mas importantes que se evaluaron fueron: calidad del producto terminado, eficiencia del proceso de secado, tiempo de secado y cocción; y mejoras de las condiciones laborales de los trabajadores de estas áreas.

2.7 Capacitación para el manejo del sistema de monitoreo y control implementado

La etapa final del proceso fue la capacitación tanto del personal administrativo como operativo de la empresa para el manejo del sistema. Se desarrollaron manuales técnicos y de usuario los cuales serán una herramienta útil tanto para la capacitación como para consultar sobre el mantenimiento del sistema.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación del sistema de monitoreo en Sigma Ltda., ha traído resultados satisfactorios a corto plazo, se esperan unos mayores efectos con el transcurso de tiempo cuando se haya logrado la

puesta a punto definitiva. A continuación en las figuras 6 a 8 se pueden apreciar diagramas de barras con información comparativa del antes y después de la implementación del sistema, los resultados obtenidos con la implementación corresponden al primer mes de puesta en marcha, relacionados con el promedio del año inmediatamente anterior.

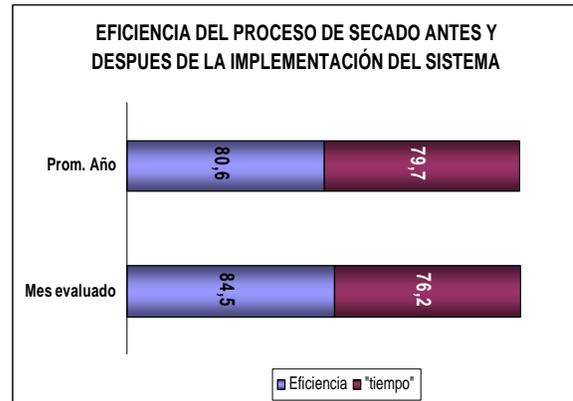


Fig. 6. Eficiencia del proceso de secado antes y después de la implementación del sistema (Eficiencia en %; tiempo en horas)

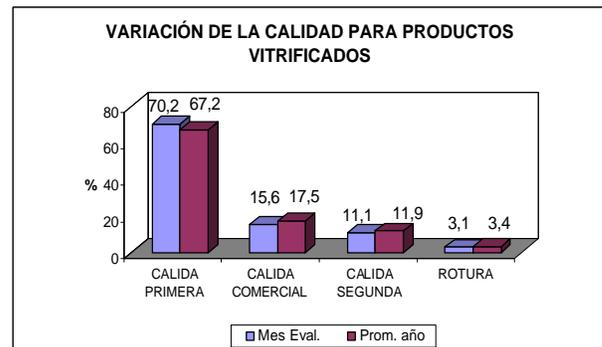


Fig. 7. Variación de la calidad para productos Vitrificados (superficie brillante)

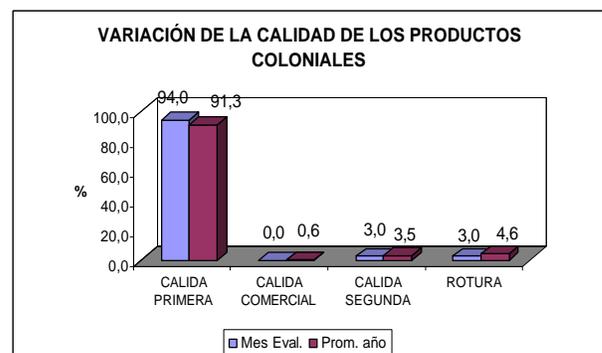


Fig. 8. Variación de la calidad para productos Coloniales (superficie tradicional)

Los resultados obtenidos en el primer mes de funcionamiento han dejado ver aumentos en la eficiencia de los procesos de secado y cocción en comparación con el promedio del año anterior, reflejados en el aumento del porcentaje de productos de primera calidad, reducción en el porcentaje de roturas en la etapa de cocción y de secado, así mismo se ha logrado disminuir algunos desplazamientos y la eliminación de algunas actividades y tareas, entre las que se destaca la exposición a tareas con ambientes severos como la toma de lecturas dentro de las cámaras de secado. En el proceso de secado se destaca la disminución del tiempo de secado en un 4,3% en comparación con el año 2008. En cuanto a los tiempos de cocción y al consumo energético de los hornos no se presentó una tendencia definida, en algunos casos se logró reducir estas variables, se espera buenos resultados en el mediano y largo plazo, se está trabajando en otras variables que influyen directamente sobre el tiempo y el consumo, como lo son la calidad del carbón utilizado y la granulometría del mismo. El diseño implementado para el control de los alimentadores tipo stocker funciona correctamente, pero aun es necesario algunos ajustes en las curvas patrón que se están utilizando.

4. CONCLUSIONES

La implementación del sistema de monitoreo en la Ladrillera Sigma Ltda. fue todo un éxito tanto para los intereses de la empresa como para los de la Universidad Francisco de Paula Santander en cabeza del Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica.

Con la implementación del sistema de monitoreo se ha despertado el interés por la investigación en el personal de la empresa en temas como el control estadístico de procesos, bases de datos y automatización de otras áreas de la empresa, se han fortalecido los lazos de unión entre las instituciones.

El desarrollo del proyecto permitió a los investigadores involucrados aplicar conceptos y herramientas tecnológicas contemporáneas, se destaca el uso de la comunicación inalámbrica en los procesos industriales, programación de PLC (controladores lógicos programables) con interfaz hombre maquina, uso de un software de visualización (VIP WIN).

Las mejoras de productividad obtenidas con este proyecto abren las puertas para que el modelo hasta ahora único en la región sea replicado en las demás empresas de la región y del país.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen al departamento administrativo de ciencia, tecnología e innovación *COLCIENCIAS* y a la organización *Sigma Ltda.* por la financiación y el apoyo proporcionado.

REFERENCIAS

- Betancur J. P. y Gelves J. F. (2006). *Diagnostico de los procesos de secado, cocción y manejo ambiental en las empresas productoras de tableta vidriada de la zona metropolitana de san José de Cúcuta*. Trabajo de grado (Ingeniería de producción industrial), Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de ingenierías.
- Prato E. J. (2008). *Planteamiento de modelos productivos para la estandarización de los procesos de producción de las Mipymes del sector cerámico del área metropolitana de san José de Cúcuta*. Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica GITEC. Universidad Francisco de Paula Santander.
- Sánchez M., J. (2008). *Conformación e Implementación del Cluster de la cerámica de Norte de Santander*. Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica, Informe Técnico. Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Básicas.
- Rodríguez P, A. (2007). *Sistemas SCADA*. Editorial Alfaomega, segunda edición. 448 p.
- Sánchez L., R.(1995). *Sistemas Electrónicos Digitales, Fundamentos Para Procesamiento Y Transmisión De Datos*. Alfaomega. 367 p.
- Maldonado, L. C.; Tarantino, R., y Rozo, D. (2008). *Supervisión de Procesos Continuos para Registro Automático de Piezas Producidas*. Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Vol. 2, pp. 108-113.
- Sánchez M., J. (2006). *Automatización y Optimización de las Etapas de Extrusión, Secado y Cocción del Sistema Productivo de la Línea Monserrate de Cerámica Andina Ltda*. San José de Cúcuta. Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica, Universidad Francisco de Paula Santander, Facultad de Ciencias Básicas.

Balcells, J. y Romeral, J. (1998). *Autómatas programables*. México: Alfaomega. 439p.
Joseph, J. (1998). *Autómatas Programables*. México: Alfaomega. 345p.
Gelvez F., J. A. y Duque P., J. E. (2006). *Procesador De Comunicaciones Modbus. Artículo reporte de caso*. Revista UIS ingenierías. Vol. 5, pp. 133-140.

Campos, F. A.; Coral, G. M.; Rojas, O. A. (2004). *Sistema de control y supervisión industrial multiplataforma*. Artículo de investigación científica y tecnológica, Revista Enlace Informático. Vol. 3, pp. 12-20.