

## MICRODES@: una herramienta software para el diseño automatizado de hornos industriales de microondas

JUAN LUIS PEDREÑO, JUAN MONZÓ, ALEJANDRO DÍAZ,  
ANTONIO LOZANO Y FRANCISCO JAVIER CLEMENTE

Departamento de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.  
Universidad Politécnica de Cartagena.

Juan.PMolina@upct.es; Juan.Monzo@upct.es; Alejandro.Diaz@upct.es;  
Antonio.Lozano@upct.es; fjcf@alu.upct.es

### Resumen

Actualmente son muchos los procesos industriales que precisan de dispositivos y máquinas para el calentamiento y/o secado de materiales para su acabado final. Una de las tecnologías emergentes más importante se basa en la utilización de procesos de calentamiento basado en tecnologías de microondas a diversas frecuencias de funcionamiento. Las aplicaciones de estos dispositivos han ido ampliándose a lo largo de los años y se han ido descubriendo nuevas utilidades. Puesto que uno de los aspectos más críticos es el diseño del horno industrial para cada tipo de proceso, el grupo de I+D Electromagnetismo y Materia ha desarrollado una herramienta software, registrada bajo el nombre MICRODES@ (*MICRO*wave *oven DES*ign), para la automatización de las tareas de diseño tan específicas para cada caso.

**Proyecto/Grupo de investigación:** Electromagnetismo y Materia. Nano/Micro Integration in micromanufacturing. Entidad financiadora: European Commission, FP7-NMP-2008-SME-2.

**Líneas de investigación:** *Diseño de aplicadores de calentamiento por microondas; Aplicación de métodos numéricos a problemas electromagnéticos; Caracterización dieléctrica de materiales; Materiales inteligentes frente a la radiación electromagnética; Apantallamiento de sistemas electrónicos.*

## 1. Introducción

Diversos aspectos han condicionado el mecanismo utilizado tradicionalmente para el calentamiento de materiales hacia un cambio radical basado en tecnologías de microondas. Entre estos aspectos destacan fundamentalmente el aumento del coste los combustibles, la necesidad de una generación de energía limpia no contaminante y la imposición de mejoras en la velocidad de producción y calidad en la terminación de los materiales procesados. Las aplicaciones industriales de calor por microondas han alcanzado un alto grado de desarrollo en sectores tales como el textil, papel, arcillas, composites, plásticos y comida industrial.

Sin embargo, es importante destacar que cada diseño de horno debe ser específico para el material que se procesa, para los requisitos de producción (en  $Kg/h$ ), para las dimensiones máximas del horno y para los tiempos que cada material necesita para poder absorber la energía de microondas. A pesar del desarrollo de programas comerciales que permiten el diseño de dispositivos de microondas, su empleo no está extendido a estas aplicaciones de calentamiento y/o secado, sino a soluciones que se plantean en sistemas radiantes, como puede ser la telefonía móvil. Esto es debido a dos motivos fundamentales: la necesidad de crear un *diseño específico* para cada proceso y el *elevado coste computacional* para resolver los métodos numéricos que optimizan el proceso para cada situación.

## 2. Etapas de diseño de un horno industrial de microondas

Como consecuencia de la situación actual planteada y de las necesidades detectadas en empresas de producción industrial, es importante destacar que cada diseño específico realizado para la configuración del horno de microondas óptimo y que cumpla con los requisitos de producción planteados conlleva una serie de etapas que se describen a continuación:

1. Captura de datos del proceso, caracterización de los materiales y normalización a las unidades establecidas. La normalización de las medidas conlleva la transformación de los parámetros implícitos a los sistemas particulares de producción hacia parámetros válidos para herramientas software posteriores para el análisis y procesamiento.
2. Cálculo de los parámetros necesarios para la simulación del proceso con plataformas software, tales como energía total necesaria, potencia, número de magnetrones o fuentes de microondas, tiempos de calentamiento o velocidad de transporte.
3. Generación del modelo inicial de horno microondas con un sistema CAD.

4. Generación de un presupuesto, considerando los diferentes elementos que se precisarán, tales como: ventiladores, fuentes de alimentación, magnetrones, aisladores, *stirrers*, material de la cinta de transporte, material de la chapa, sistemas de control de las fuentes y los elementos de comunicación del sistema, y otros costes adicionales, tales como el mecanizado, el diseño de ingeniería, puertas laterales de acceso al horno, etc.
5. Proceso de generación de la simulación del comportamiento térmico y energético del proceso para estimar qué porcentaje de campo electromagnético ha sido absorbido por el material a lo largo de todo el transporte sometido a las fuentes de microondas.
6. Aplicación de técnicas matemáticas de optimización para la adaptación del modelo inicial del horno a la distribución deseada de temperatura en el material. Ello implica la redistribución de magnetrones, la incorporación de agitadores de modos, etc.
7. Exportación manual del modelo electromagnético del horno a un formato CAD que permita acotar y normalizar los cortes o capas de la pieza, para su mecanización.
8. Fabricación y montaje del horno microondas.

Es importante destacar el aumento que se ha producido de la demanda de este tipo de hornos en España, donde no existen actualmente empresas que dispongan de herramientas software capaces de automatizar todas las tareas necesarias para el diseño final.

### 3. Esquema de la plataforma

La plataforma MICRODES@ gestiona e interconecta diferentes módulos, que a su vez precisan de una Base de Datos y de su integración en un servidor específico para la aceleración y ejecución remota y en paralelo de este software de diseño. Para ello, se precisa de un servidor dedicado a la gestión de las tareas de diseño, simulación, optimización y generación de planos para cada proceso. El esquema general de esta arquitectura se muestra en la Figura 1.

### 4. Funcionalidades

La funcionalidad principal de la plataforma MICRODES@ es el diseño e implementación de un sistema integrado de automatización de hornos industriales de microondas y que permita satisfacer las necesidades de tiempo de entrega, coste, requerimientos del proceso, acabado del producto, potencia y dimensiones del horno. Puesto que una de las capacidades de esta herramienta es la de ofrecer un servicio de fabricación en coste, calidad y tiempo de hornos microondas

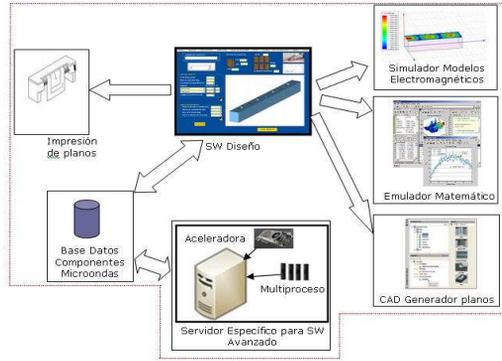


Figura 1: Esquema de la plataforma MICRODES@.

para el sector industrial, los elementos nuevos que se precisan permitirán la detección integrada de las necesidades del proceso requerido, resolver el problema y generar el resultado: informe de análisis y diseño junto con los planos de la estructura del horno. El poder disponer de este software permite, además, innovar en otros aspectos, como puede ser el diseño de nuevos filtros para hornos microondas.

Una plataforma como MICRODES@ no existe actualmente en el mercado por la complejidad técnica que supone su desarrollo, al tener que integrar diferentes sistemas de modelado y simulación de procesos de forma automatizada y con capacidad para generar planos directamente en un tiempo 10 veces inferior al que se puede obtener actualmente mediante la combinación manual de resultados entre los diferentes módulos, y con las garantías de compatibilidad electromagnética requeridas.

## 5. Detalles de la plataforma MICRODES@

La plataforma desarrollada se estructura en tres bloques principales: *Diseño*, *Simulación electromagnética* y *Generación de presupuestos e informes*. La Figura 2 muestra una captura de la ventana de diseño.

En la etapa de diseño se contemplan funciones tales como la generación del diseño CAD en plataforma *CST Microwave Studio*, la inserción de elementos en la estructura, la definición de la carga del material, la generación de los filtros reactivos, la optimización de las estructuras mecánicas y la exportación de planos a formato DXF. Por otro lado, en la segunda etapa se aborda uno de los aspectos más críticos de la plataforma, como es la simulación de los patrones electromagnéticos y térmicos del proceso de calentamiento que tiene lugar en el

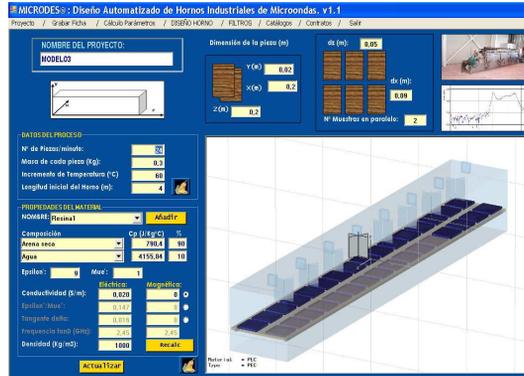


Figura 2: Etapa de diseño del horno microondas.

interior del horno. Para ello, previamente el sistema calcula los parámetros del proceso que permiten definir las variables en el simulador electromagnético, tal y como muestra la Figura 3. Posteriormente, se refina el resultado con un proceso de optimización de parámetros, basado en técnicas de modelos adaptativos basados en aprendizaje, a partir de una función de error definida inicialmente.

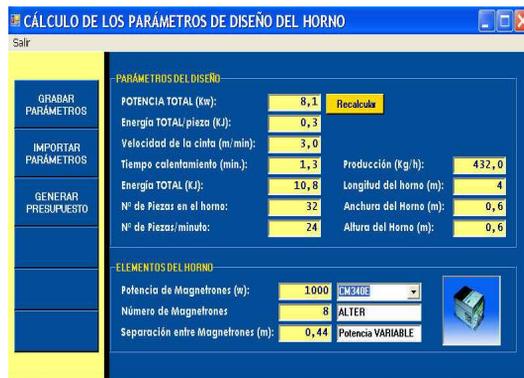


Figura 3: Etapa de cálculo de parámetros del horno para el simulador.

Una vez que el modelo ha sido optimizado, el tercer módulo –Figura 4– genera los planos para su mecanizado, así como el detalle de presupuesto, calculado contra las bases de datos comerciales de los fabricantes de elementos para hornos microondas.

Finalmente, la plataforma desarrollada por el grupo I+D GEM permite la generación automática de informes sobre los resultados, tanto de diseño como



Figura 4: Módulo de generación de presupuestos.

de comportamiento electromagnético de los materiales que se quieren procesar.

## Referencias

- [1] A.C.Metaxas and R.J.Meredith, Industrial Microwave Heating, Peter Peregrinus, LTD, 1983.
- [2] I. C. Hunter, L. Billonet, B. Jarry, P. Guillon. Microwave Filters - Applications and Technology. IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, vol. 50, pp. 794-805, (2002).