

## RESUMENES DE LAS PONENCIAS

---

### Sesión 1

---

#### 1.1.- El Club Español de Magnetismo y sus actividades

José Manuel Barandiaran

Universidad del País Vasco (UPV/EHU)

#### Resumen:

Se describe brevemente la historia del magnetismo en España a partir de D. Blas Cabrera, hasta la creación del Club de Magnetismo. En los años 70 aparecen numerosos grupos de investigación en toda España, y se crea el Instituto de Magnetismo Aplicado, Laboratorio Salvador Velayos, en Madrid en 1988. Tras la primera Escuela de Magnetismo desarrollada en Jaca en 1989 y una serie de reuniones Universidad-Empresa en los años 1995 (Madrid) y 1996 (Bilbao), se crea formalmente el Club de Magnetismo en Madrid en 2002. Su vocación es aunar esfuerzos entre centros de investigación públicos y empresas para potenciar el Magnetismo en España. La actividad del Club hasta el momento se ha desarrollado en reuniones anuales monográficas (Bilbao 2003, Santander 2004, Oviedo 2005). Este año organiza las "Jornadas de Magnetismo Industrial" en colaboración con el Colegio de Químicos de Cataluña y se está preparando una Escuela de Magnetismo, en Jaca para la primera semana de Julio de 2007, que tendrá como título: "Nuevas fronteras del Magnetismo".

---

#### 1.2.- Calibración de equipos para medidas magnéticas y caracterización de materiales magnéticos".

Avelino López

Universidad Politécnica de Madrid, Laboratorio de Medidas Magnéticas de la E.U.I.T. Industrial

#### Resumen:

Se describe la calibración de los equipos utilizados para la medida de magnitudes magnéticas y su trazabilidad, así como las propias medidas de inducción magnética.  $B$  (T), Intensidad de campo magnético,  $H$  (A/m), flujo magnético,  $\Phi$  (V.s), o la caracterización de materiales magnéticos (permeabilidad relativa  $\mu_r$ , pérdidas en el hierro (W/kg), inducción remanente,  $B_r$  (T), fuerza coercitiva,  $H_c$  (A/m), momentos magnéticos, etc.) en el Laboratorio de Medidas Magnéticas "José Palacios Bregel" de la ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERIA TECNICA INDUSTRIAL (U.P.M.)

Este Laboratorio está acreditado por la ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN, conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2000 (CGA-ENAC-LEC), para la realización de las Calibraciones en el Área de Magnetismo

### **1.3.- New Trends In Electrical Steel Testing for Industrial Applications**

Stefan Siebert

Brockhaus Messtechnik Advanced Measuring Technologies Germany

#### Resumen:

Se describen los métodos tradicionales de ensayo de chapa magnética: Cuadro de Epstein y ensayo en chapa única (single sheet apparatus) Una de las normas en uso es la medida a flujo sinusoidal, lo que lleva aparejado un sistema de retroalimentación para ajustar en todo momento la corriente de excitación. Las nuevas tendencias exigen cada vez mejores medidas y en condiciones más complejas. Se describen una serie de ellas como: Medida continua de pérdidas "on line", Aparato de chapa única robotizado, medidores de chapa única realizados a medida del cliente, etc.. Por otra parte las necesidades de los clientes no se limitan a la determinación de pérdidas en condiciones estándar sino que se necesita cubrir campos tales como: Medidas a muy alta inducción, curvas de permeabilidad, magnetostricción, etc.. y todo ello sin perder los efectos del procesado del material.

---

## **Sesión 2**

---

### **2.1.- Multipole magnetization of sensor ring with index pole: a project review**

Peter Ulrich

Magnet Physik

#### Resumen:

Se describe el proceso de imanación y medida de un anillo de ferrita plástica isotrópica para utilizar como "encoder" en un sensor de ABS en automóviles o en otras aplicaciones. El anillo cuenta con 115 polos de 3° de extensión y un polo de inicio (Index pole) de 15° que producen una señal de imanación casi sinusoidal, si se mide con un elemento Hall. Esta distribución de la imanación se ve interrumpida en el polo de inicio que es más largo. La detección de posición angular mejora sensiblemente mediante el uso de un sensor Hall diferencial llegando a alcanzar una precisión de 0.02° para un solo polo y un error máximo acumulado menor de 0.15°. estas especificaciones hacen al anillo apto para su aplicación como sensor de posición angular.

## **2.2.- Magnetic properties of soft magnetic materials in DC and AC. Determination standards and instrumentation**

Andrea del Prete: Laboratorio Electrofisico Engineering

### Resumen:

La dificultad de medir materiales de alta permeabilidad radica fundamentalmente en el campo desimanador. Para eliminarlo se utilizan dos disposiciones: El material forma un circuito magnético cerrado (toroide, cuadro de Epstein) o se introduce en un permeámetro de yugo. Ambos métodos son apropiados para medidas magnéticas según los estándares IEC 60404-2 a 60404-6. La medida en DC no plantea dificultades. En AC es necesario medir con flujo sinusoidal y se presenta un sistema digital de generación de corriente primaria que produce la deseada salida sinusoidal. La medida de ciclos de histéresis en AC a distintas frecuencias permite la separación de pérdidas según el esquema de: pérdidas por histéresis + corrientes inducidas + pérdidas anómalas. Por otra parte la norma IEC 60404-7 permite determinar el campo coercitivo de piezas de cualquier forma en circuito abierto, mediante un instrumento (coercímetro) que mide el campo creado por la pieza en el exterior mediante sondas Hall apropiadas.

---

## **2.3.- Corrientes inducidas en conductores no magnéticos: Caracterización y determinación de defectos con Ensayos no Destructivos (NDT)**

José Ignacio Íñiguez de la Torre  
Universidad de Salamanca

### Resumen:

Las corrientes inducidas se usan desde hace tiempo en Ensayos No Destructivos (NDT) aunque las expresiones analíticas son escasas. En campos magnéticos variables de elevada frecuencia dichas corrientes dependen del producto de la frecuencia, la permeabilidad y la conductividad eléctrica, por lo que es imposible separar completamente su influencia, por lo que se ha optado por el estudio en conductores tubulares no magnéticos, tanto desde el punto de vista teórico, donde son posibles las expresiones analíticas, como experimental, para lo que se ha construido un sistema propio. En ellos se puede alcanzar una precisión del 0,1% en la medida de espesores o en la conductividad si los otros parámetros son conocidos. La sensibilidad para detectar defectos es muy alta, aunque el tipo de defecto solo puede dilucidarse aún por comparación con defectos conocidos.

---

### Sesión 3

---

#### **3.1.- Nuevos avances en diseños y simulaciones de circuitos magnéticos y de motores eléctricos mediante la aplicación de programas de elementos finitos en 2d y 3d para su optimización**

Vicente Aucejo

INDIELEC – Ingeniería de Diseño Electrotécnico, S.L.

#### Resumen:

Se describe el paquete FLUX que es una herramienta basada en el método de Elementos Finitos, que permite llevar a cabo Análisis eléctricos, magnéticos y térmicos en régimen estático, estacionario y transitorio. Algunos avances recientes aplicados al diseño de máquinas eléctricas son: análisis multiparamétrico, importación de geometrías desde CAD, generador de malla mixto, acoplamientos con la ecuación del circuito y acoplamiento cinemático avanzado de rotación y traslación, acoplamientos con MATLAB-Simulink e incorporación de subrutinas de usuario, así como inclusión de pérdidas en el hierro e inclinación de las ranuras. Estos avances permiten diseños adecuados de motores modernos y acceso a magnitudes difíciles de obtener por otros medios y se incrementarán en un futuro próximo.

---

#### **3.2.- Materials Soft Magnetic Composites (SCM), for motors and magnetic circuits in substitution of magnetic sheets. Design, modelling and applications**

Alan Jack

University of Newcastle.

#### Resumen:

Los Composites Magnéticos Blandos (SCM) presentan una serie de ventajas (e inconvenientes) cuando se comparan con las laminaciones clásicas de Fe o acero al Silicio. Su uso en inductores está bien establecido y pueden competir en algunos transformadores para aplicaciones específicas. En motores convencionales de imán permanente también presentan ventajas, debido a la facilidad de producción de piezas polares, lo que permite, en ciertos casos, una reducción de hasta 1/3 del tamaño y peso del servo-motor con las mismas prestaciones. Una aplicación reciente es la de los motores con “claw pole armatures” donde la facilidad de fabricar piezas complejas hace que puedan competir favorablemente con los motores de chapa doblada, reduciendo las pérdidas de flujo. En conclusión el uso de composites magnéticos en motores compite favorablemente con la chapa apilada.

### **3.3.- Precauciones térmicas en el diseño de motores eléctricos con imanes permanentes**

Josep Camino,  
Consultor

#### Resumen:

El diseño de motores con los modernos superimanes de NdFeB puede tener graves complicaciones debido a la limitada temperatura de operación de estos imanes, consecuencia de su rápido decremento de coercitividad. Se describe el diseño de un motor de potencia media (12kW/400V) para aplicaciones tales como elevadores, y las posibles alternativas del mismo (rotor interno o externo, utilización continua o intermitente, circulación de aire natural o forzada). La circulación de aire forzada es esencial para mantener el motor en condiciones de operación ya sea continua o intermitente (temperatura inferior a los 145 °C). Otra posibilidad no explorada es la utilización de radiadores de convención externos, que podrían quizá paliar el calentamiento del motor.

---

## **Sesión 4**

---

### **4.1.- Influencia de las ranuras del estator y rotor del motor en el cogging**

Ivan Flotats  
Mavilor

#### Resumen:

Se describe el efecto de reluctancia y par en vacío (cogging) creado por los polos de un motor de imán permanente y el efecto de la inclinación de las ranuras del estátor que suprime el cogging. Este procedimiento, sin embargo lleva aparejada una mayor longitud del bobinado, por lo que no siempre es aconsejable. Se propone entonces la supresión total de los polos bobinando directamente sobre un estátor liso. Este procedimiento suprime radicalmente el cogging y tiene ventajas de rapidez de respuesta, mayor espacio para bobinados y otros.

## **4.2.- Magnetization of assemblies with multiple magnets: Possibilities and Restrictions**

Sebastian Wältring

M-Pulse GmbH & Co.KG, Germany

### Resumen:

En diversos sistemas electromagnéticos es corriente encontrar varios imanes distintos cuya “carga” supone una serie de operaciones discretas y costosas. En concreto se mencionan los casos de servomotores en que hay un sensor de posición o velocidad acoplado en el eje del rotor, los sistemas de movimiento del brazo lector de discos duros (VCM =Voice coil magnet) o los grandes imanes de motores lineales con cientos de polos. Se presentan dos procedimientos para simplificar el proceso: imanación en dos pasos usando dos bobinas pero sin mover el dispositivo, y imanación en un solo paso haciendo uso de las propiedades anisótropas de los imanes. En todo caso cada sistema exige un estudio particular y nuevas aproximaciones son posibles con imaginación.

---

## **4.3.- Mesa redonda: Situación actual en España de Medición, Normalización, Diseño y Simulación de Materiales y Circuitos Magnéticos**

Alan Jack, Josep Camino, Vicente Aucejo, Ivan Flotats, Joan Antoni Bas, José Manuel Barandiarán (Moderador).

### Resumen:

Se comienza destacando la disponibilidad de laboratorios de calibración y de herramientas de diseño y modelización altamente desarrolladas, pero se constata la pérdida de “saber práctico” debido a la jubilación de Ingenieros y técnicos de empresas que raramente han tenido continuidad por parte de personas jóvenes. La experiencia perdida puede hacer peligrar el desarrollo de la industria magnética no solo española, sino también europea (y americana) en favor de países orientales (China, Japón, Corea, India) que forman muchos más ingenieros y científicos en magnetismo aplicado. La solución parece provenir de una mayor colaboración entre la industria y las Universidades en formación práctica (el nivel del Magnetismo teórico en España no tiene nada que envidiar al de los países más avanzados). Un mecanismo adecuado a esta interacción sería la propuesta y financiación por parte de las empresas de trabajos y proyectos fin de carrera relacionados con el magnetismo práctico para estudiantes de Ciencias e Ingeniería. El Club podría recabar financiación y ayudas (exención de impuestos, por ejemplo) para desarrollar tales trabajos por parte de estudiantes.

---

## Sesión 5

---

### 5.1.- Materiales nanomagnéticos y técnicas de medición de alta frecuencia

Javier Tejada

Universidad de Barcelona

#### Resumen:

Se presentan modernas técnicas de medida de propiedades magnéticas en el rango de las microondas. En esencia el sistema utilizado consta de un magnetómetro SQUID y de una serie de analizadores de redes/espectros en el margen de los GHz. La absorción de potencia desde resonadores específicos se puede detectar mediante la respuesta de la imanación, utilizando el SQUID. Se encuentran así diversos fenómenos de absorción que pueden achacarse al Resonant Spin Tunneling en el caso de sistemas de spin discretos como los nanoclusters de  $Mn_{12}$ . Por otra parte la generación de ondas elásticas de superficie en cristales magnéticos da origen al fenómeno de la deflagración magnética, con características similares a los efectos de combustión química ordinaria, pero que obedece leyes cuánticas, en concreto en los nanoclusters magnéticos como el  $Mn_{12}$ .

---

### 5.2.- Hilos Magnéticos Amorfos de Interés Industrial

M. Vázquez, K. Pirola, G. Badini and J. Torrejón

Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, CSIC

#### Resumen:

Se describen las características de los materiales amorfos, dentro del panorama general de los materiales magnéticos destacando sus posibles aplicaciones. En concretadse desarrolla los métodos de producción de hilos por enfriamiento ultrarrápido en agua rotando, microhilos metálicos amorfos recubiertos de pirex por fusión y estiramiento y de hilos multicapa blando-duro mediante electrodeposición sobre microhilos previamente obtenidos. Se repasan los métodos de caracterización magnética de estos hilos, así como sus aplicaciones en sensores, a través del efecto de Magnetoimpedancia gigante, efectos magnetoelásticos e interacciones magnetostáticas en hilos multicapa. En cada caso se describen aplicaciones concretas de los sensores.

---

## Sesión 6

---

### **6.1.- Materiales magnéticos dulces sinterizados: Clasificación, propiedades y aplicaciones**

J. A. Bas  
AMES

#### Resumen:

Tras una pequeña introducción a la pulvimetalurgia y sus principales métodos (prensado y sinterizado, metal moulding injection , prensado isostático en frío o caliente), se describen los principales tipos de materiales magnéticos blandos sinterizados, que pueden clasificarse en tres generaciones: las dos primeras se distinguen por la diferente compactación conseguida. Sus aplicaciones más interesantes se dan en piezas que necesiten alta precisión dimensional y buenas propiedades mecánicas y que trabajen en Corriente Continua o a baja frecuencia (<10Hz). Un sector especialmente interesado en estos materiales es el del automóvil. Los materiales de tercera generación están constituidos por granos recubiertos de una capa aislante y “pegados” entre sí mediante un polímero. Estos composites de tercera generación pueden competir con la chapa magnética tradicional en ciertas aplicaciones de Corriente Alterna (hasta 1MHz), especialmente en motores, donde pueden suponer un ahorro del 30% de material.

---

### **6.2.- Ferritas blandas: aplicaciones avanzadas**

Miguel París  
Hispano Ferritas.

#### Resumen:

Las ferritas son óxidos semiconductores de Fe y otros metales que presentan una estructura ferrimagnética y elevada resistividad lo que les hace imprescindibles para aplicaciones de alta frecuencia. Las ferritas blandas son cúbicas y tienen Mn, Ni o Zn en su composición, sin embargo hay una relación inversa entre la permeabilidad y la frecuencia máxima a la que puede operar (ley de Snoek). Sus principales aplicaciones se concretan en: a) Supresión de interferencias (basada en la dependencia de la permeabilidad y pérdidas de la ferrita con la frecuencia) un uso típico es el de Filtros de red o de señal en modo común para Compatibilidad Electromagnética b) Aplicaciones de potencia, especialmente como transformadores de pulsos en fuentes de alimentación conmutada. c) Aplicaciones de radiofrecuencia, como “transponders” de identificación de uso en automóviles, ganadería, deportes, etc.. o como núcleos para calentamiento por inducción.

### **6.3.- Tecnologías de películas delgadas magnéticas de interés industrial**

Joan Esteve

Universidad de Barcelona

#### Resumen:

Se presentan las tecnologías de almacenamiento de datos mediante grabación magnética (discos duros) y los avances espectaculares de los últimos 50 años. Hoy en día el cuello de botella ya no son las cabezas de lectura / escritura sino el material magnético que permita una mayor densidad de bits (está previsto llegar hasta un Terabit /pulgada cuadrada con la nueva tecnología de grabación perpendicular), para lo que cada uno de ellos deberá ser inferior a los 10 nm. La fabricación de los materiales magnéticos como CoPtCr-SiO<sub>2</sub> en forma de película delgada nanoestructurada se lleva a cabo por sputtering mientras los nanohilos de Fe requiere técnicas de deposición electrolítica en plantillas de alúmina auto ensambladas. Otras técnicas posibles son la deposición por láser pulsado o la epitaxia de haces moleculares. Esta última permite la preparación de superredes de Co/Pt.

---

## **Sesión 7**

---

### **7.1a.- Nuevos materiales para sensores y actuadores magnéticos de aplicación industrial.**

Luis Martínez

ATIPIC

#### Resumen:

La empresa ATIPIC es un spin off del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona, dedicada a dar respuesta a las necesidades industriales utilizando Ciencia y Tecnología de Materiales. Se presentan varias aplicaciones recientes de materiales magnéticos en sensores , especialmente magnetorresistentes y de efecto Hall que permiten una mayor vida útil de los dispositivos dada la ausencia de contactos, la posibilidad de actuar a través de otros materiales no magnéticos, bajo coste y consumo y acondicionamiento de la señal relativamente simples. Algunos ejemplos explicados son: detección magnética para posicionamiento de palancas (cambios de automóvil, joystick,...) detector de ángulo ciego en automóviles, medidas decampo magnético en satélites, etc..

### **7.1b- Nuevos materiales para sensores y actuadores magnéticos de aplicación industrial.**

Josep Fontcuberta  
ICMAB

#### Resumen:

Se presenta el grupo de materiales magnéticos del Instituto de Ciencia de Materiales de Barcelona (ICMAB) que dispone de un laboratorio para fabricación de películas delgadas de óxidos y metales, experiencia en técnicas de caracterización estructural y magnetoeléctrica así como desarrollo de materiales magnéticos para aplicaciones. Se comenta el desarrollo de varios materiales magnéticos modernos de uso en sensores y dispositivos magnetoelectrónicos. En concreto: óxidos magnetorresistentes como las manganitas de fórmula  $AMnO_3$  de uso en potenciómetros sin contacto, los óxidos tipo  $Zn_{1-x}(Mn,Co,Al)_xO$  que son transparentes y magnéticos a temperatura ambiente, óxidos de hierro tipo  $NiFe_2O_4$  para uniones túnel magnéticas y materiales multiferroicos como el  $BiMnO_3$  que es a la vez ferromagnético y ferroeléctrico.

---

### **7.2.- Superconductores de alta tecnología de aplicación industrial.**

Xavier Obradors  
ICMAB

#### Resumen:

Se presentan las características principales de los materiales superconductores, con especial énfasis en los de alta temperatura crítica descubiertos en los años 80. Estos pueden operar a temperaturas de nitrógeno líquido lo que permite pensar en aplicaciones masivas. Las aplicaciones actuales de los superconductores se limitan prácticamente a la creación de campos magnéticos y la detección de los mismos mediante sensores SQUID, con todo tienen ya aplicación en medicina (RMN y magnetoencefalografía) las nuevas generaciones de superconductores de alta temperatura en forma de cinta de muchos kilómetros permiten su utilización en transporte de energía eléctrica a grandes distancias, creación de campos magnéticos para confinamiento de plasma en reactores de fusión, motores marinos de alta eficiencia, trenes de levitación magnética, etc..