

EMPLEO DE LAS DEMOSTRACIONES EN AULA COMO RECURSO MULTIMEDIA.

M. Samplón, J.S. Artal, J. Letosa, J. Mur y A. Usón
Dpto. de Ingeniería Eléctrica. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Industrial.
Universidad de Zaragoza. Campus Rio Ebro, María de Luna 3.
Edificio Torres Quevedo, 50018 Zaragoza, España.

E-mail: msamplon@unizar.es, jsartal@unizar.es, jletosa@unizar.es, joako@unizar.es, auson@unizar.es

ÁREA TEMÁTICA: INNOVACIÓN EDUCATIVA

RESUMEN

El empleo de las clases magistrales en los primeros cursos de las enseñanzas técnicas resulta una metodología difícil de evitar debido principalmente al elevado número de estudiantes a los que debemos atender, la poca experiencia y madurez del alumno para llevar a cabo un aprendizaje más autodirigido así como el poco tiempo de que se dispone para desarrollar el cuerpo de teoría. Sin embargo esto conduce, en algunas asignaturas, a una pérdida de interés por parte del estudiante medio al enfrentarse a un programa que le resulta arduo mediante una metodología que lo mantiene en un papel pasivo.

Los autores vienen trabajando desde hace algunos años en la reactivación e incorporación del experimento de aula como método educativo, lo que proporciona además una motivación adicional para el estudiante. Sin embargo aparecen diversos problemas asociados a la aplicación de este recurso. El experimento a desarrollar se realiza en un espacio físico habitualmente pequeño, comparado con el auditorio, lo que dificulta el seguimiento por parte de los estudiantes sobre lo que se está mostrando.

Como metodología para paliar lo anterior se ha propuesto la grabación de dichas experiencias en video y su proyección en una pantalla. Si bien esta técnica no es nueva, hasta hace poco no se podía implantar con comodidad fundamentalmente por problemas técnicos: inexistencia de cañones digitales de proyección, ordenadores con poca potencia de cálculo, dificultad de conexión de la cámara de vídeo al ordenador, etc. En la actualidad estas dificultades tecnológicas ya están esencialmente solventadas por lo que se ha puesto en marcha esta idea como recurso docente, incorporando además la posibilidad de convertir la grabación realizada durante el transcurso de la clase de teoría en un recurso multimedia de la asignatura al poderse distribuir a través de la web. Se ha hecho hincapié en el interés de grabar y distribuir lo que el estudiante ha visto con sus propios ojos en el aula, frente a una grabación mucho más cuidada pero desconectada de su memoria.

Finalmente se ha considerado un ejemplo de aplicación -visualización del ciclo de histéresis-; mediante la grabación de un experimento de aula conducente en demostrar las propiedades magnéticas de un material ferromagnético utilizado en la mayoría de las máquinas eléctricas. Además se ha aprovechado la ocasión para ilustrar la curva de respuesta mediante el uso de la representación XY del osciloscopio como resultado de la composición de las señales temporales $X(t)$ e $Y(t)$.

PALABRAS CLAVE: Clase magistral; Demostración en aula; Recurso multimedia.

1. INTRODUCCIÓN.

La transmisión de información basada en el modelo comúnmente denominado como "clase magistral" se adecúa a circunstancias docentes específicas, aunque usuales en los primeros cursos de una titulación de grado [1]; debido principalmente a causas como:

- elevado número de estudiantes.
- poca experiencia y madurez del alumno para llevar a cabo un aprendizaje más autodirigido.
- necesidad de transmisión de una cantidad de información en un tiempo reducido.
- preponderancia en la formación en conocimientos sobre la formación en aptitudes y habilidades.

Sin embargo, al ser una docencia conducida y alejada del laboratorio, presenta entre otros, el problema de la desconexión entre la parte teórica que se expone, su modelización en la pizarra y la realidad observable a través de la experimentación [2, 3]. Como vía para paliar parcialmente esta desvinculación, los autores vienen trabajando desde hace unos años en el diseño de experimentos que pongan en relieve conceptos que resultan de especial dificultad para el estudiante con la consiguiente reactivación de las demostraciones de aula como motivación adicional del alumnado y nexo de unión entre teoría y realidad [4, 5].

Aunque desde el punto de vista de la motivación del estudiante los resultados obtenidos han sido alentadores, surgen dos problemas de índole práctica asociados al carácter de clase magistral en que se encuadran.

El primero de ellos radica en que el experimento usualmente se lleva a cabo sobre la mesa del profesor utilizando -en la mayor parte de las ocasiones- materiales de pequeño tamaño lo que dificulta su seguimiento por parte de un auditorio grande. Como consecuencia resulta compleja la captación de detalles que quedan relegados a la habilidad narrativa del ponente. La solución inmediata que se ha venido llevando a cabo consistía en solicitar a los estudiantes que se aproximaran a la mesa del profesor mientras éste realiza la demostración. Sin menospreciar el efecto dinamizador de "este paseo" puesto que incorpora un cambio en la actitud del estudiante (que es esencialmente pasiva debido a la propia naturaleza de la clase magistral), la solución vista globalmente resulta insatisfactoria dado que la falta de visibilidad de los estudiantes que están en las filas más alejadas les termina abocando a una falta de atención que se traduce en una desconexión completa de lo que se está mostrando. Adicionalmente, la formación del círculo alrededor del experimento conducía a una tácita competencia por parte de los estudiantes más interesados por lograr los mejores puestos de observación. Aunque este comportamiento resulta natural, obviamente, desde nuestros planteamientos docentes se ha tratado de no fomentarlo a base de evitar las situaciones en que se produce. Finalmente, desde el punto de vista del orador, no se considera la mejor forma de organizar un auditorio especialmente numeroso dado la imposibilidad de dirigirse a todo el mundo al mismo tiempo, debiendo cambiar continuamente la dirección en que se habla, lo que conlleva a dar continuamente la espalda de forma alternativa y reiterada a parte del grupo, figuras 1 y 2.

El segundo problema que surge es que, la ventaja de la inmediatez y por ende la tangibilidad del experimento como recurso docente, implicaba que el estudiante no podía llevarse consigo un registro del mismo, al contrario que del resto de la información de que consta la clase magistral, que queda recogida en sus apuntes de clase. Al acudir a las proximidades de la mesa del profesor no acuden con papel y bolígrafo, ni se les estimula a ello obviamente, dado que en general el experimento se entiende como un complemento visual o un reforzamiento a un cuerpo de teoría que ya se ha expuesto en la pizarra y del que sí han tomado notas en su momento. Pese a todo, existen un conjunto de detalles de índole práctico envueltos en el montaje concreto que no quedan recogidos en la modelización de pizarra y que sí resulta interesante que se registren o por lo menos que retengan. Cómo traducir un esquema circuital en un montaje con bobinas teniendo en consideración los terminales correspondientes de las mismas, conexionado de los cables, instrumentos de medida con sondas que hay que

conectar, organización de las conexiones de tierra,... pueden servir como algunos ejemplos. Aún pidiendo a los estudiantes que registren el experimento con lápiz y papel como se hacía inicialmente, este tipo de detalles son lo suficientemente amplios y difusos como para que esta solución no resulte satisfactoria.

Para abordar estas dificultades nos planteamos el uso de una cámara de vídeo que permitiese proyectar el experimento que se realiza en una pantalla. En este sentido se daba por sentado un equipamiento básico del aula en la que se imparte la clase magistral, consistente en un proyector de transparencias y más críticamente para nuestros propósitos, una pantalla de proyección. Adicionalmente se requeriría un cañón de proyección idealmente estático y con entradas de vídeo accesibles, aunque éste puede suplirse con un equipo portátil.



Figuras 1 y 2. Los Profesores A. Usón y J. Letosa mostrando algunos experimentos electromagnéticos básicos a los estudiantes de primer curso en la asignatura Electricidad y Magnetismo.

Del mismo modo se ha visto conveniente efectuar una grabación del experimento tal y como se realiza en el aula, de la forma que lo capta el estudiante y la recuerda. Esa grabación, como recurso multimedia se pone a disposición del estudiante que de esta forma puede recrear el experimento tal y como lo vio, reteniendo así la intensidad motivadora asociada al hecho de que no resulta un experimento distante sino una nueva visualización. El condicionante básico en este caso no es la realización de una grabación de alta calidad, sino más bien un registro de lo que sucedió en clase. Además el experimento, como recurso multimedia, puede ser complementado con otras grabaciones adicionales que pongan de manifiesto los fenómenos estudiados desde distintos puntos de vista aportando, de esta manera, condiciones de grabación más adecuadas. La forma de distribución básica, aunque no única, de este material es a través de la web, bien editando manualmente la página o bien con el apoyo de aplicaciones específicas. En este sentido la Universidad de Zaragoza dispone de una plataforma de apoyo de la docencia a través de la web basada en un programa comercial y denominado ADD (Anillo Digital Docente) que actúa esencialmente, de cauce de comunicación bidireccional a varios niveles entre el profesor y los estudiantes matriculados en la asignatura.

Pese a la impresión de improvisación que puede aparentar esta grabación, requiere por parte del profesor una preparación básica sobre lo que va a comentar, como lo va a contar, la estructuración y temporización del mismo y sobre todo de consideración del conjunto de información visual crítica que quiere transmitir a lo largo del experimento a fin de hacer una rubricación visual de los mismos durante la grabación. De esta forma la visualización repetida de la grabación a posteriori por parte del alumno, le va fijando de una forma más o menos inconsciente estos aspectos; objetivo que no se consigue con la misma eficacia con una grabación más descuidada o menos programada.

La tecnología necesaria para realizar lo descrito no resulta novedosa. Sin embargo su empleo rutinario y generalizado requiere que se pueda llevar a cabo con una tecnología de uso común así como que el estudiante medio tenga acceso a una conexión a Internet con un ancho de banda suficiente. En este sentido, la implementación generalizada del puerto USB en los ordenadores así como el ya común uso del ADSL como forma de conexión a Internet han sido los factores que han posibilitado su aplicación. El objeto de la presente comunicación es la descripción y análisis del trabajo que se ha llevado a cabo en ésta línea.

En este sentido, los condicionantes básicos que se plantearon para realizar un sistema como el descrito son los siguientes:

- Emplear dispositivos razonablemente accesibles y en particular, un ordenador de prestaciones medias.
- La solución debería reducir al mínimo la complejidad tecnológica.
- La grabación debe realizarse durante la ejecución del experimento. El objetivo no es optimizar la calidad de la grabación de un experimento sino que el estudiante disponga de un registro de lo que observó en clase.
- Sin sacrificar unos mínimos de calidad, el coste económico del equipo debía reducirse lo más posible.

2. PLATAFORMA UTILIZADA.

Como equipo base para realizar las pruebas se utilizó un PC dotado de un procesador Pentium IV con una velocidad de procesador de 1.5GHz ejecutando Windows XP. La placa base estaba dotada de 512 Mb de RAM. Inicialmente se consideró utilizar una webcam pero se desestimó debido a que la calidad de vídeo obtenido no era adecuada, por lo que se optó por adquirir una cámara de vídeo (KCA DSPCCD Camera) destinada a la monitorización y vigilancia. En función del tipo de cañón de vídeo con el que se trabaje se puede realizar la conexión directa de la cámara al mismo, pero dado que se deseaba no sólo grabar las imágenes sino también proyectarlas y traducirlas a un formato digital se requiere la presencia de un ordenador. En este sentido, el mismo ordenador se debe encargar de las tareas de grabación y reproducción simultánea.

El método habitual de conexión de una cámara es el empleo de una tarjeta capturadora de vídeo. Una solución así aporta un buen rendimiento en la digitalización al precio de requerir la conexión de dicha tarjeta al bus del PC, así como el reconocimiento de la misma por el equipo e instalación subsiguiente del software asociado (drivers). Dado que uno de los objetivos básicos era disponer de un equipo que pudiera transportarse a un aula cualesquiera junto con el material de experimentación, esta solución no era la más viable.

Alternativamente, la aparición del puerto USB solventaba esta dificultad al poseer tres características críticas:

- Su gestión ya está directamente implementada en el Sistema Operativo Windows XP.
- Aporta suficiente velocidad de transmisión de datos para nuestros propósitos.
- En la actualidad la mayor parte de los ordenadores disponen de varios puertos USB.

La conexión de la cámara al PC requería un hardware especial y se optó por una tarjeta externa Pinnacle Movie Box, que adicionalmente disponía de software específico (Studio 9) de captura y edición de vídeo. Con respecto a los formatos de grabación se optó claramente por el *.mpeg o en su defecto *.wmv (archivo de video de Windows Media) frente al *.avi, dado que si bien este último ofrece mejor calidad, el primero de ellos al ser un formato comprimido reduce considerablemente el tamaño de los ficheros de forma que puedan ser descargados por el usuario en un tiempo razonable. Por otra parte se trata de un formato habitual y reconocido por el reproductor estándar que proporciona el paquete básico Windows así como otras aplicaciones gratuitas y comúnmente utilizadas como los programas Winamp o Jukebox.

Como ya se ha comentado en apartados anteriores, el coste del equipo se consideró variable crítica en el estudio del proceso de innovación educativa. De este modo, el gasto total a que asciende el material adquirido (cámara + tarjeta de vídeo USB) alcanza los 220€ lo que no constituye una dificultad económica importante de cara a su implementación como recurso docente.

3. EJEMPLO DE APLICACIÓN.

Los autores están actualmente impartiendo docencia en una titulación de Ingeniería Técnica Industrial, especialidades Electricidad y Electrónica en la asignatura de Electricidad y Magnetismo. A través de su experiencia en la docencia en esta titulación se ha podido apreciar que uno de los aspectos que más les cuesta captar a los estudiantes de primer curso, desde el punto de vista experimental, es la utilización del osciloscopio.

Si bien el instrumento no es conceptualmente más complejo que un multímetro de mano, este dispositivo reviste gran importancia metrológica como elemento básico de monitorización de señales periódicas no continuas; además del hecho de que se utiliza con frecuencia en asignaturas que tendrán que cursar en años posteriores (Teoría de Circuitos, Electrónica Industrial, Electrotecnia, Electrometría...). Así la profusión de selectores, botones y potenciómetros en su panel frontal constituye un factor de complejidad aparente desde el punto de vista de su funcionamiento que desalienta al estudiante a profundizar en su uso.

De igual forma, la importancia que presentan los materiales magnéticos como elementos constitutivos críticos de la mayoría de las máquinas eléctricas (motores, generadores,...) que actualmente se usan, nos condujo a la necesidad de mostrar experimentalmente la respuesta magnética de los mismos como un primer paso a su caracterización. En ese sentido se planteó como experimento en el aula la visualización del ciclo de histéresis de un núcleo magnético conformado por láminas de chapa al silicio de grano orientado, como soporte de la explicación teórica de estos materiales. De forma posterior, los alumnos efectúan una práctica de laboratorio en la que reproducen el experimento y profundizan en los conocimientos adquiridos en el aula comprobando por ejemplo como la forma y tamaño del ciclo de histéresis depende de las propiedades de la sustancia ferromagnética.

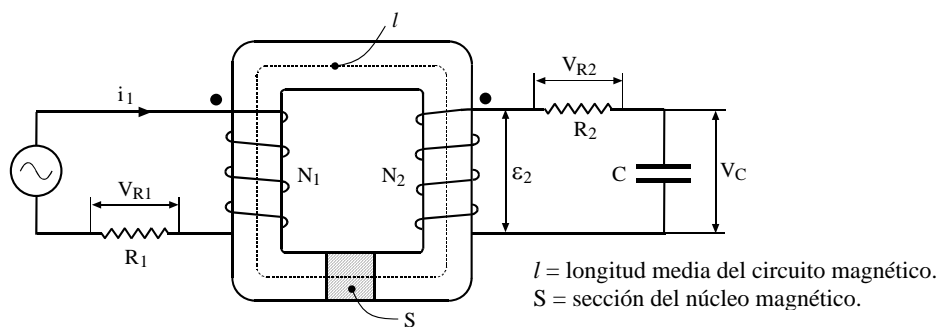


Figura 3. Circuito para determinar el ciclo de histéresis de un material ferromagnético.

El montaje experimental (ver figura 3) se basa en un circuito formado por un núcleo de material magnético de sección rectangular bajo estudio que se excita mediante una bobina -primario- alimentada a su vez mediante un auto-transformador, con el propósito de regular la corriente " i_1 " que circula a su través. La corriente se monitoriza mediante la tensión " V_{R1} " que cae en la resistencia " R_1 " de bajo valor óhmico que actúa como shunt de corriente. A su vez se coloca en el núcleo magnético otra bobina que realiza la función de secundario. La tensión inducida en la bobina " ϵ_2 " se acopla a un circuito RC serie, donde se observa la tensión sobre el condensador " V_C ".

De este modo, como se demuestra a continuación, la tensión V_{R1} es proporcional al valor del vector intensidad de campo magnético " H " en el interior de la sección del núcleo magnético mientras que la tensión sobre el condensador V_C (integral temporal de la fem) resulta ser proporcional al vector inducción magnética " B ".

Circuito primario: Aplicando el Teorema de Ampere sobre la trayectoria media que describe el circuito magnético se obtiene:

$$\oint Hdl = N_1 i_1 \Rightarrow H = \frac{N_1 i_1}{l} \quad (1)$$

$$\text{como } i_1 = \frac{V_{R1}}{R_1} \text{ sustituyendo se obtiene } H = \frac{N_1}{lR_1} V_{R1} = k_1 V_{R1} \quad (2)$$

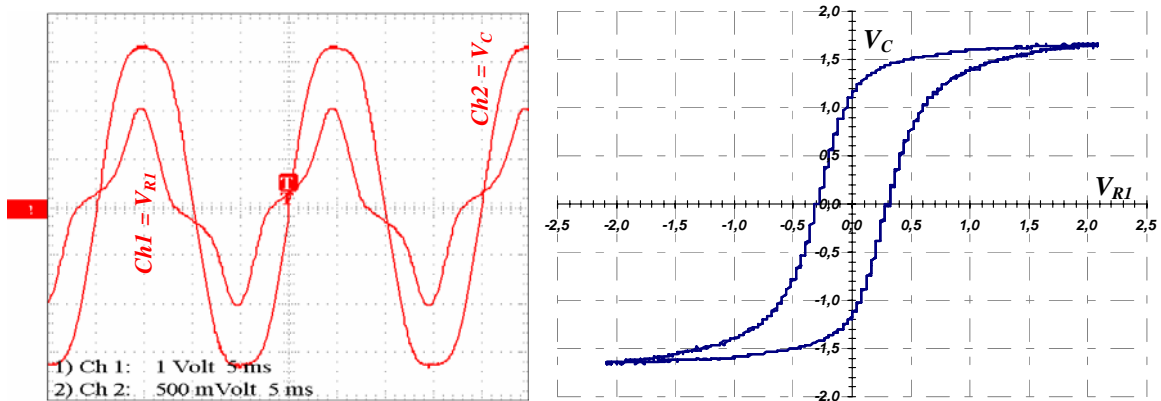
Circuito secundario: Según la ley de Faraday (teniendo en consideración que el flujo a través de la sección media del circuito magnético es $\Phi = BS$) la fem inducida en el arrollamiento secundario vendrá dada por:

$$\varepsilon_2 = -N_2 \frac{d\Phi}{dt} = -N_2 S \frac{dB}{dt} \quad (3)$$

Si R_2 posee un valor elevado frente a la impedancia del condensador $R_2 \gg X_C = 1/2\pi fC$, se puede considerar que:

$$i_2 \cong \frac{\varepsilon_2}{R_2} \Rightarrow dB = -\frac{i_2 R_2}{N_2 S} dt \text{ luego } B = -\frac{R_2}{N_2 S} \int i_2 dt \quad (4)$$

$$\text{como } q = \int i_2 dt = V_C C \text{ sustituyendo se obtiene } |B| = \frac{R_2 C}{N_2 S} V_C = k_2 V_C \quad (5)$$



Figuras 4 y 5. Oscilogramas de las tensiones $V_{R1}(t)$ ($V_{R1} = i_1 R_1$) y $V_C(t)$, junto con el ciclo de histéresis $B = f(H)$ resultante de la composición de las señales ($H = k_1 V_{R1}$; $B = k_2 V_C$).

La excitación mediante el auto-transformador proporciona una señal alterna de amplitud variable y frecuencia $f = 50\text{Hz}$, de esta manera los dos canales del osciloscopio -Ch1 y Ch2- pueden visualizar sendas ondas proporcionales a H y B frente al tiempo, ver figura 4. Asimismo se observa como la forma de onda correspondiente a la corriente del primario $i_1 = V_{R1}/R_1$ -Ch1- se encuentra distorsionada, esto es debido a que el núcleo ya está saturado. La utilización de la representación XY del osciloscopio -resultado de la composición de las señales $\text{Ch1} = X(t)$ y $\text{Ch2} = Y(t)$ - nos permite representar el ciclo de histéresis del material ferromagnético $B = f(H)$ y

por ende, si la excitación proveniente del autotrafo es suficientemente grande, el ciclo de histéresis completo, ver figura 5. En el caso analizado, al tratarse de chapa magnética al silicio de grano orientado (material típico en la construcción de las máquinas eléctricas), se ha obtenido un ciclo de histéresis estrecho lo que corresponde a unas pérdidas por histéresis pequeñas. A este tipo de material se le denomina magnéticamente blando.

Sobre esta base se ha montado la experiencia de aula con el doble objetivo de ilustrar la respuesta magnética de un material ferromagnético y de mostrar el uso de la representación XY del osciloscopio.

4. CREACIÓN DEL MATERIAL MULTIMEDIA.

A partir de lo expuesto en el punto anterior se realizó una grabación de la experiencia de aula en la que, además de dar una visión global de la caracterización y propiedades básicas de los materiales ferromagnéticos, se hizo hincapié en los siguientes aspectos (se enumeran de forma secuencial):

- Traducción de la representación simbólica circuital, tal como se muestra en el guión de prácticas, al montaje sobre la base de elementos reales: núcleos ferromagnéticos, bobinas, resistencias, cables con terminales.
- Conexión de las sondas del osciloscopio correspondiente a cada canal, indicando la importancia en este caso de conectar ambos terminales de referencia de la sonda dado el aislamiento eléctrico que produce el transformador en ambas partes del circuito.
- Visualización de las respuestas temporales de ambas sondas en formato X(t) e Y(t) y la obtención de la función de transferencia $X = f(Y)$ mediante la activación del modo de operación XY.
- Respuesta del material magnético ante mayores o menores excitaciones del autotrafo, observando la zona de saturación de la curva de magnetización.

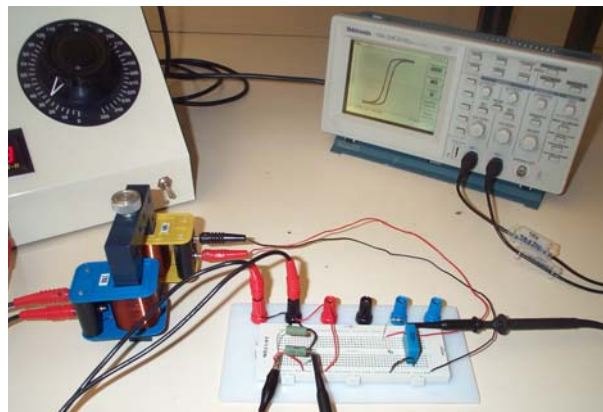


Figura 6. Montaje experimental realizado para la visualización del ciclo de histéresis.

Desde el punto de vista práctico también se ha comprobado la necesidad de contar, como elementos auxiliares a las demostraciones, con los siguientes medios.

- Un carro de trabajo dotado de cajones, conexión y tomas de red, así como un foco para poder tener una iluminación adecuada a lo que se está grabando. Adicionalmente el carro sirve de mesa de experimentación y de método de transporte del material que se va a utilizar desde las dependencias departamentales al aula.
- La colaboración de una persona que ejerza el papel de "cámara", que esté pendiente del plano de grabación y que siga las indicaciones del orador, liberándolo de la problemática de la grabación y permitiéndole que se concentre en la exposición. Este

papel, en aras del pragmatismo, lo puede llevar a cabo un estudiante que se ofrezca voluntario en ese momento.

Conclusiones.

En la presente comunicación se ha partido de la utilización de los experimentos de aula dentro de una clase magistral como método para ilustrar conceptos de especial relevancia, además de contar con un elemento de motivación adicional del estudiante hacia la asignatura. Se han revisado los problemas inherentes a este recurso docente: zona de experimentación pequeña frente a un auditorio grande, dificultad tecnológica y complejidad que posee el estudiante en registrar lo visto en el aula.

De igual forma, se ha considerado la grabación en video del experimento como método educativo de paliar estas deficiencias, convirtiéndolo en un recurso multimedia de fácil distribución por la red. Asimismo se analizó la importancia de grabar el experimento realizado en clase, tal y como se efectúa, en contra de una grabación más cuidada pero a la cual no haya asistido el estudiante.

También se han indicado los requisitos mínimos del equipo -ordenador- para llevarla a la práctica, junto con el bajo coste que conlleva su aplicación (cámara + tarjeta de vídeo) como recurso docente. Por último, se ha mostrado un fácil ejemplo de implementación -visualización del ciclo de histéresis- destinado a complementar la explicación teórica de las propiedades magnéticas en materiales ferromagnéticos a los estudiantes.

Agradecimientos.

Esta comunicación ha sido desarrollada con la financiación del Programa de Innovación Docente y Renovación Pedagógica de la Universidad de Zaragoza. Convocatoria 2004/2005.

Referencias.

- [1] J. Letosa, A. Usón, J. Mur, J.S. Artal and M. Samplón, "Teaching Electromagnetism in electrical engineering curriculum: New methods and new trends", International Conference on Engineering Education, ICEE'04. Gainesville, Florida (USA) October 2004.
- [2] C. Millán, J. Mur, J.S. Artal, A. Usón y J. Letosa, "Tres experimentos de levitación para su realización en clases de Electromagnetismo", XII Congreso Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, CIEET'04. Barcelona, Julio 2004.
- [3] A. Usón, J.S. Artal, J. Letosa, M. Samplón and J. Mur, "Finite elements software for electromagnetics applied to electrical engineering training", International Conference on Engineering Education, ICEE'03. Valencia (Spain), July 2003.
- [4] A. Usón, J.S. Artal, J. Mur, J. Letosa y M. Samplón, "Incorporación de experimentos en las clases teóricas de Electromagnetismo", XI Congreso Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, CIEET'03. Vilanova y la Geltrú (Tarragona), Julio 2003.
- [5] P. Lambea, A. Larrén, J.S. Artal, J. Mur, A. Usón y J. Letosa, "Una experiencia de Innovación Docente en la enseñanza del Electromagnetismo", XI Congreso Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas, CIEET'03. Vilanova y la Geltrú (Tarragona), Julio 2003.