

**Actas del 23 Congreso Universitario de
Innovación Educativa en las
Enseñanzas Técnicas**
Valencia, 15-17 de julio de 2015

ISBN: 978-84-606-5611-1



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

© 23 CUIEET - Congreso Universitario de Innovación Educativa en las Enseñanzas Técnicas
Autor: 23 CUIEET
Editor: Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Coordinador: Enrique Ballester Sarrias
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño
Universitat Politècnica de València
Camino de Vera s/n – 46022 Valencia
Tel +34 96 387 71 81
Fax +34 96 387 71 89
Web: <http://23cuiet.webs.upv.es>
Maquetación y diseño: Marta Ballester Collado
ISBN: 978-84-606-5611-1

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

Pedro Llovera Segovia^a, Josep Simon^b y Vicente Fuster Roig^c

^aDepartamento de Ingeniería Eléctrica – Instituto de Tecnología Eléctrica– Universitat Politècnica de València. pllovera@ite.upv.es ^bGrupo de Estudios Sociales de las Ciencias, las Tecnologías y las Profesiones–Universidad del Rosario. josep.simon@urosario.edu.co y ^cDepartamento de Ingeniería Eléctrica – Instituto de Tecnología Eléctrica– Universitat Politècnica de València. vfuster@ite.upv.es.

Abstract: *The use of practical demonstrations in theoretical lectures has become increasingly rare in engineering teaching. In this work we vindicate their use for the teaching of Electrotechnics, not only as an efficient pedagogical tool, but also as a counterbalance to the artificial separation of theory and practice - so questionable in engineering teaching - and as a compensation for the decrease of practical laboratory hours in engineering degrees. We describe the set up used and the demonstrations developed. We emphasize not only its practical aspects, but also how this experimental design is theoretically integrated and connected to a larger framework for the preparation of the practical sessions. Furthermore, we show how this practical design engages with an active methodology aimed at increasing student participation. Finally, we analyze the results of this experience, we propose some future improvements, and we suggest a strategy to further a more complete integration of theory and practice in the teaching of Electrotechnics.*

Keywords: *Demonstrations, active methodology, theory-practice, electrotechnics*

Resumen

El uso de las demostraciones prácticas en las clases teóricas de las enseñanzas técnicas se ha perdido de manera general en la universidad actual. En este trabajo reivindicamos su uso para la enseñanza de la Electrotecnia no sólo como una herramienta didáctica eficaz sino también como contrapeso a la separación artificial entre teoría y práctica –tan discutible en las enseñanzas técnicas– y como compensación a la reducción del número de horas de

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

prácticas de laboratorio. Se describe el montaje utilizado y las demostraciones realizadas remarcando en su desarrollo no sólo los aspectos prácticos sino también su integración en la teoría y en la preparación de las sesiones prácticas así como su inscripción en una metodología activa de participación del alumno. Se analizan los resultados obtenidos y se propondrán algunas mejoras futuras y cuál es nuestra estrategia para la fusión más completa posible entre teoría y práctica para la enseñanza de la Electrotecnia.

Palabras clave: *Demostraciones, metodología activa, teoría-práctica, electrotecnia*

Introducción

La separación entre clases de teoría y prácticas de laboratorio en las enseñanzas técnicas por motivos de organización ha conducido a una separación artificial entre teoría y práctica que no se corresponde con la formación esperada de una profesión técnica ni con su ejercicio profesional. Esta separación dificulta en ocasiones la comprensión de los resultados teóricos o la explotación teórica de los resultados en las prácticas. Además, en el contexto actual, tras la reforma de las titulaciones, algunas asignaturas han visto reducido su número de prácticas de laboratorio de manera importante. La estrategia de mejora de la docencia, descrita en este artículo, se aplica concretamente a la asignatura de Electrotecnia en el segundo curso de los grados de Ingeniería Civil y de Obras Públicas de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidad Politécnica de Valencia. Además de la reducción en número de horas de laboratorio (de 26h a 8h) y de la reducción de la asignatura de anual a cuatrimestral. Esta situación es paradójica, no sólo en el caso concreto de las dos asignaturas que nos ocupan sino en general en numerosas asignaturas, teniendo en cuenta el papel fundamental que las demostraciones experimentales y las prácticas de laboratorio han tenido en la configuración de las carreras de ingeniería. Más aún, su lugar esencial en la identidad epistemológica de la ingeniería, como campo de conocimiento caracterizado no sólo por *modos de hacer*, sino también por *modos de pensar* diferenciados respecto a los de las ciencias, sean experimentales o teóricas. En este contexto, la electrotecnia ha teni-

Pedro Llovera Segovia, Josep Simón Castel, Vicente Fuster Roig

do históricamente un papel pionero (Gooday 1991). Pero este no es un problema histórico sino bien actual; Y en el caso que nos ocupa, se da también la particularidad de que, aun siendo parte de las competencias de los ingenieros de Obras Públicas y de los ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, las instalaciones eléctricas no son, con el perfil actual de estudiante, la motivación principal para cursar los estudios y por ello se vienen probando estrategias de mejora docente (Llovera-Segovia 2011). Muchos de los alumnos de Electrotecnia, en el contexto de nuestras asignaturas, comienzan la asignatura con importantes dificultades de comprensión; a grandes trazos, no “ven” qué es la electricidad. Paradójicamente, la mejor manera de superar esa dificultad es a través de las prácticas de laboratorio que familiarizan al alumno con los conceptos eléctricos. Ya en 1921, el ingeniero eléctrico John Ambrose Fleming destacaba que no era necesario que *“(...) un estudiante que quisiese abrirse camino en el mundo de la electricidad comenzase estudiando las intrincadas nociones y teorías de la física “absoluta”; por el contrario, existían “todo tipo de ventajas” haciendo que los estudiantes realizasen desde el principio trabajos cuantitativos con “buenos instrumentos”. (...) ... la “ciencia” de la electricidad no se aprendía en libros, ni en las teorías, sino en la práctica con los instrumentos de medida”* (Colino López y Sánchez Ron 2007) .

No hay que negar una dificultad inherente a la comprensión de la electricidad y eso es algo que históricamente ha sido muy complejo, llegando la controversia incluso a la definición de la propia naturaleza de la electricidad hasta bien entrado el siglo XIX (Gooday 2008). Por otra parte, en la didáctica de la ciencia se ha hecho uso abundante de demostraciones experimentales – a menudo con una larga historia – para formar profesores y alumnos en el contexto sobre todo de la enseñanza secundaria (Heering 2009). Hoy en día, probablemente debido a la existencia de laboratorios docentes para prácticas, el uso de demostraciones en las clases generales ha sido abandonado en la enseñanza universitaria, salvo notables excepciones como la del profesor Walter Lewin, en el Massachusetts Institute of Technology (Lewin 2012). El por qué de esa desaparición sería en sí un tema a investigar. Sin embargo, el objetivo de este trabajo es poner en valor las demostraciones y mostrar cómo pueden ser integradas en un contexto de metodologías activas, contribuir a superar la separación conceptual teoría-práctica y ayudar a sortear las limitaciones organizativas y presupuestarias que suelen afectar a la enseñanza. El horizonte es la fusión de teoría y práctica en una metodología en la que la enseñanza se apoye indistintamente en ambos aspectos en función de las necesidades del aprendizaje y no de la organización de la universidad. Tampoco es posible realizar todas las clases en el laboratorio de prácticas para combinar, en los

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

momentos oportunos, los aprendizajes prácticos y teóricos. Esto se debe a que el tamaño de grupo de clase de teoría es de 80 alumnos y el tamaño de grupo en las clases de prácticas es de 24 alumnos no pudiéndose dividir el grupo de teoría en grupos más pequeños por obvias razones presupuestarias. Finalmente, el uso de material audiovisual en lugar de presentaciones, en nuestra opinión y para el caso concreto que nos ocupa, restaría a lo que se presenta cierta dosis de realidad que justamente es tan necesaria para los alumnos. Evidentemente, también se usa material audiovisual para apoyar el aprendizaje en esta asignatura y de manera abundante, pero queremos destacar la importancia de la presencia real de las demostraciones frente a la presencia virtual del material audiovisual.

Así, a continuación describimos las demostraciones que se han puesto en práctica en la asignatura de Electrotecnia recalcando los aspectos importantes para el aprendizaje que son no sólo cognoscitivos sino también emocionales e incluso sensitivos (sentir el calentamiento de un cable). Mostraremos así que la realización de demostraciones en el aula puede ser una herramienta eficaz para ilustrar conceptos e integrarlos en las clases teóricas, al mismo tiempo que puede formar parte de una metodología activa de la enseñanza y aprendizaje.

Descripción de la innovación.

La innovación consiste en diseñar unas demostraciones prácticas para la asignatura de Electrotecnia que se integren tanto en los contenidos teóricos como en los cálculos teóricos y en las prácticas de laboratorio. Esta integración permite discutir conceptos teóricos, aplicar y comprobar cálculos teóricos y anticipar las prácticas de laboratorio que los estudiantes van a realizar. En concreto, en la asignatura de Electrotecnia, los contenidos teóricos que se han ilustrado por medio de demostraciones han sido:

- 1- Cálculo de circuitos eléctricos en tensión continua
- 2- Comportamiento de circuitos monofásicos de tensión alterna
- 3- Criterio de calentamiento y caída de tensión en el diseño de instalaciones eléctricas.

Las dos primeras demostraciones se refieren a los fundamentos de la asignatura y la tercera a la aplicación de los mismos en el diseño de instalaciones eléctricas.

El material utilizado consiste en un panel de rejilla con fondo blanco que permite enganchar los equipos de ensayo con clips de sujeción y configurar el panel para cada demostración sin necesidad de tener un montaje específico para cada caso. Este sistema es el que se utiliza en el laboratorio de prácticas de la asignatura y que fue diseñado por S. Catalán Izquierdo del departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Politécnica de Valencia. Es

Pedro Llovera Segovia, Josep Simón Castel, Vicente Fuster Roig

especialmente adecuado para las demostraciones que se proponen, ya que el plano de trabajo es vertical, y por tanto los montajes son directamente observables por los alumnos sin necesidad de un equipo de imagen que haga de intermediario. En el contexto de esta innovación educativa, se ha modificado el sistema para hacerlo transportable utilizando un panel de rejilla con soportes. De esta formase puede aprovechar el material ya existente en el laboratorio. Además, se han desarrollado algunos elementos nuevos para los montajes específicos de las demostraciones en clase. El transporte a clase del conjunto se realiza por medio de una estructura con ruedas y una maleta. Se está valorando la posibilidad de dejar el panel permanentemente en clase, puesto que es lo más complicado de transportar.

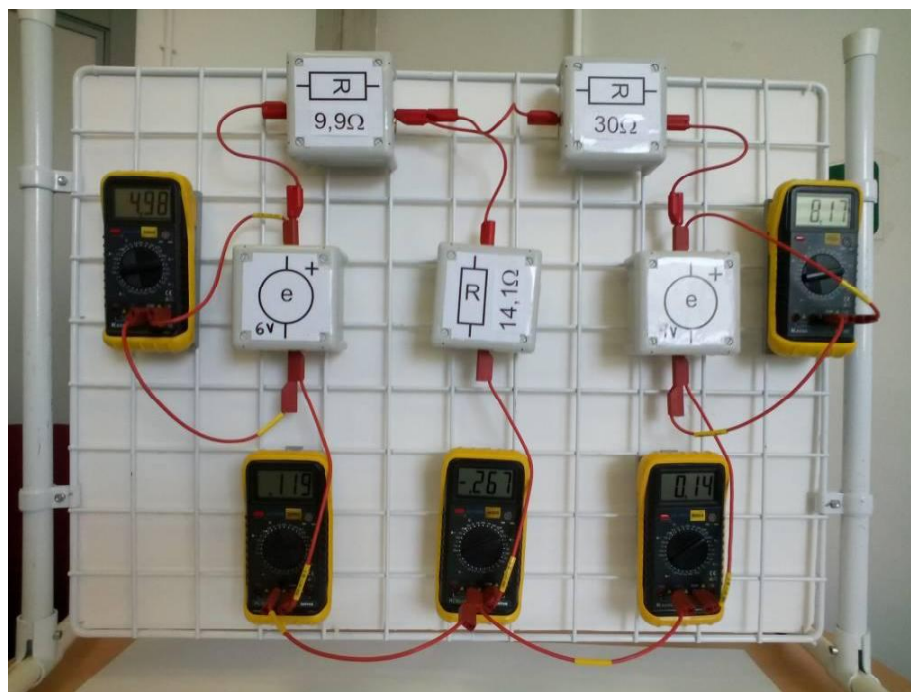
En la descripción de las demostraciones que se va a realizar a continuación se detallará la interacción con los alumnos y con los contenidos de la asignatura.

Demostración 1. Corriente continua y resolución de circuitos por mallas.

Se trata de una demostración del primer tema introductorio de la asignatura cuyo objetivo es recuperar los conceptos de la asignatura de Física del primer curso y adquirir herramientas de resolución de circuitos. En particular, se va a ver y a resolver un circuito con dos mallas. También se aprovecha para introducir el equipo de medida (el polímetro) que utilizarán en el laboratorio posteriormente con lo cual se gana en agilidad para las sesiones de laboratorio. En esta demostración se ha optado por convertirla en ejercicio de resolución de un circuito por mallas a realizar por los alumnos. En primer lugar se presenta el circuito construyéndolo delante de su mirada para que vean con claridad cómo aparecen las mallas y comprobando las tensiones de las fuentes. En este caso son pilas recargables y por eso la tensión difiere de la nominal y además evoluciona durante la demostración. Se anotan los valores obtenidos y se detiene el circuito. Los amperímetros se mantienen apagados de manera que el alumno no puede ver la intensidad. A continuación el alumno hace los cálculos y predice el valor de corriente esperado. Cuando han realizado el ejercicio se vuelve a conectar el circuito y se encienden los amperímetros comprobando que la predicción es correcta y explicando las desviaciones por errores de medida. Se prefiere en este caso el formato de predicción frente a comprobación posterior porque añade un elemento estimulante y una componente de suspense para el alumno frente a una comprobación de un resultado ya sabido. En resumen, en esta demostración, que tiene una duración total de unos 30 minutos, el alumno puede ver cómo es una malla eléctrica, cómo es un equipo de medida y cómo sus propios cálculos permiten predecir las intensidades del circuito. En este caso, la predicción ayuda a “desvelar” parcialmente o por lo menos a suavizar el misterio asociado a la electricidad.

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

Figura 1 Imagen del panel en la demostración 1



Demostración 2. Corriente alterna y leyes de Kirchhoff.

Esta demostración corresponde al segundo tema de la asignatura y se trata de analizar un circuito RLC paralelo. El objetivo de la demostración es múltiple. En primer lugar, pretende chocar al alumno y, aparentemente, contradecir lo aprendido en el primer tema, puesto que el resultado de lo que va a ver es que aparentemente no se cumple la primera ley de Kirchhoff – precisamente una ley muy intuitiva y que la gran mayoría de los alumnos acepta sin problemas conceptuales. En este caso, se prefiere el formato de comprobación posterior a lo observado, porque se busca el efecto sorprendente de contradecir lo aprendido. Además, el profesor, en esta demostración, durante un momento simula que algo no va

Pedro Llovera Segovia, Josep Simón Castel, Vicente Fuster Roig

bien, que no se cumple la primera ley de Kirchhoff y que está sorprendido junto con los alumnos, incitando a creer lo que podría ser un fallo de la demostración (acontecimiento que suele captar la atención con facilidad). En segundo lugar, esta demostración quiere ilustrar la dificultad de trabajar con corrientes y tensiones sinusoidales y que la teoría presentada en clase, que se apoya en números complejos tiene unas consecuencias muy reales pese a utilizar números imaginarios. El alumno realizará los cálculos del circuito para comprobar los valores obtenidos en la demostración comprobando la representación con números complejos de tensiones, intensidad e impedancias (que dejan de ser “una caja en la pizarra” para ser elementos reales en el panel). Y, por último, esta demostración es una introducción a la práctica de laboratorio que van a realizar posteriormente que tratará sobre el circuito RLC serie y la aplicación de la segunda ley de Kirchhoff con tensiones y corrientes alternas. De manera que se gana también en agilidad para la posterior práctica de laboratorio.

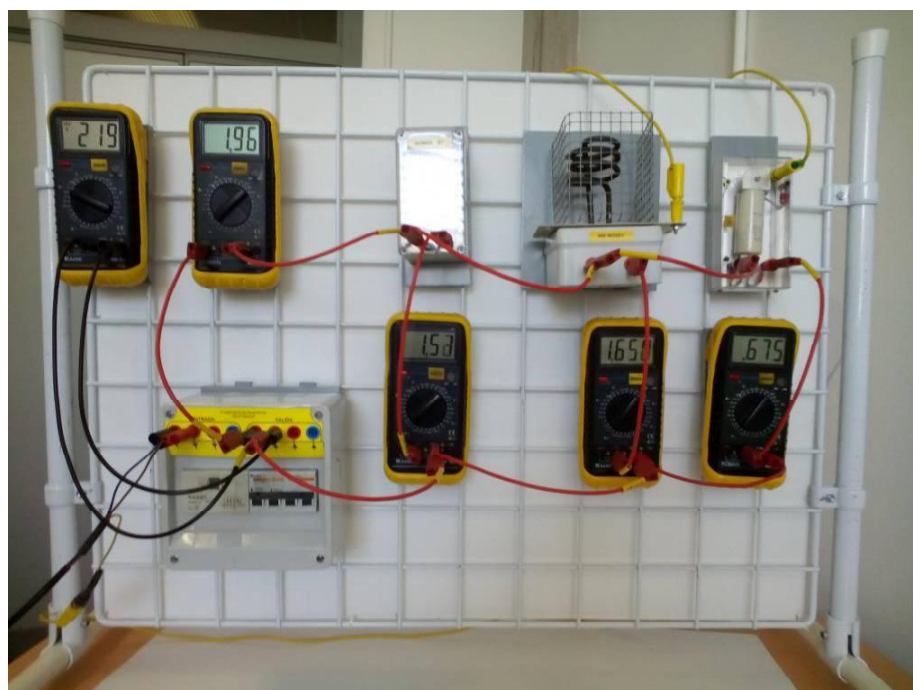
La secuencia de la demostración se inicia con la construcción del circuito delante de los alumnos (esto ayuda a comprender su estructura). En este caso, el montaje se alimentará de un enchufe de la clase lo cual es importante porque lo que van a ver se realiza con tensiones y corrientes reales, factor que añade una dosis de realidad importante. De manera rutinaria, el profesor comprueba que la corriente total es la suma de las corrientes individuales pero, sorprendentemente, esto no se cumple y la suma es superior a la corriente total, en contra de la primera ley de Kirchhoff. La teatralización por parte del profesor es importante en este punto. Entonces se busca la causa de este “problema” en un debate entre los alumnos y cuando ya se ha aclarado dónde está el error de interpretación se introducen los valores numéricos de los elementos (resistencia, bobina, condensador y tensión de alimentación), se realizan los cálculos con las herramientas teóricas recientemente adquiridas y se comprueba que el resultado y lo observado coinciden.

En este caso se ha preferido la estrategia de la comprobación porque se pretende chocar al alumno con el fallo aparente de la primera ley de Kirchhoff para que le quede bien establecida la diferencia entre las interpretaciones de tensiones e intensidades en circuitos de corriente continua y circuitos de corriente alterna. Esta demostración tiene una duración aproximada de 30 minutos. El tiempo durante el cual el alumno está sorprendido porque no se cumple la ley de Kirchhoff es importante para que la demostración sea recordada. Ciertamente, ese tiempo dependerá de si algún alumno da la respuesta correcta pronto. Pero si el profesor la tiene que dar, es conveniente que se demore un poco para dejar pensar al alumno. Como alternativa, si la duración de la clase lo permite o se puede hacer en dos sesiones, otra opción es mostrar primero este aparente incumplimiento de la primera ley de Kirchhoff, después abordar las herramientas teóricas para circuitos con corrientes y tensiones alternas y finalmente volver a la demostración para hacer los cálculos. Esta opción más larga, ayuda a asimilar la teoría porque permite apoyarla mientras se desarrollan los con-

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

ceptos. En este caso, la segunda vez que se acude a la demostración es sólo para comprobar los valores obtenidos y aplicar las herramientas de cálculo.

Figura 2 Imagen del panel en la demostración 2



Demostración 3. Caída de tensión y calentamiento en un cable.

Esta demostración está destinada a los últimos temas de la asignatura donde se aborda el diseño de instalaciones eléctricas. Tiene por objeto ilustrar qué es la caída de tensión y el calentamiento en un cable. Estos dos conceptos se explicarán de manera teórica pero van a ser introducidos previamente de manera experimental por la demostración. En este caso, se ha preferido mostrar primero el fenómeno y luego abordar la solución tecnológica. Esta aproximación nos parece más correcta para la forma de pensar de un ingeniero que primero detecta un fenómeno o problema y posteriormente busca una solución.

Pedro Llovera Segovia, Josep Simón Castel, Vicente Fuster Roig

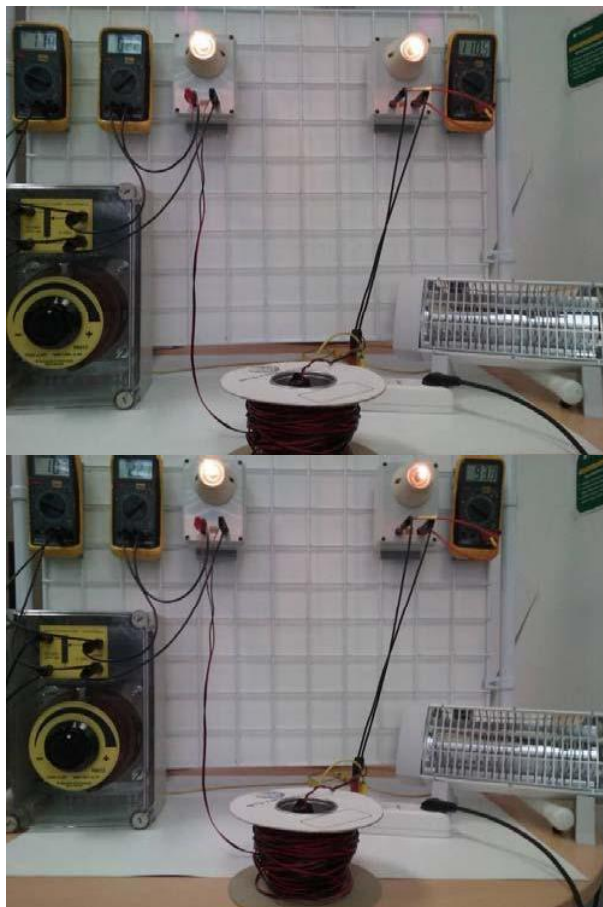
La demostración es doble. La primera parte (demostración 3a) consiste en representar la caída de tensión en una bobina de cable de $0,25\text{mm}^2$. Se trata de una bobina de cable de audio y se les señala a los alumnos pero es la forma más sencilla de obtener una caída de tensión visible. Por seguridad la bobina se alimenta sólo a 110V con un autotransformador. De nuevo, la tensión de alimentación se obtiene de un enchufe de la clase. Al inicio de la bobina conecta pone una bombilla incandescente y al final de la bobina se conecta otra bombilla incandescente con una estufa de 1200W en paralelo. Los equipos de medida muestran la intensidad y las tensiones al inicio y al final. Inicialmente, la estufa está apagada y las dos bombillas brillan por igual pero cuando se enciende la estufa la segunda bombilla brilla menos. Aunque en la figura 3 es difícil de apreciar, la disminución del brillo se aprecia bien en la clase en penumbra. Se anotan los valores para que el alumno realice posteriormente los cálculos de caída de tensión.

La segunda parte de la demostración (demostración 3b) consiste en mostrar el fenómeno del calentamiento de un cable y para ello se desenrolla la bobina de cable y se distribuye a lo largo del aula para que todos los alumnos puedan coger el cable con la mano. El cable se cortocircuita en un extremo y por el otro se alimenta progresivamente desde 0V hasta un máximo de 50V (tensión de seguridad¹) alcanzando una intensidad de 8A. En unos pocos segundos, los alumnos notan cómo se calienta el cable. Además, junto con el calentamiento se aprecia que la corriente disminuye por el aumento de la resistencia eléctrica del cable, lo cual sirve también para ilustrar la variación de la conductividad con la temperatura. Se anotan los valores de tensión e intensidad para obtener la resistencia eléctrica del cable. Finalmente, un alumno voluntario recoge el cable distribuido por la clase. Esta segunda demostración suele tener muy buena acogida y consigue un grado de interés máximo por parte de los alumnos. Además, la demostración se apoya con noticias de periódicos sobre accidentes debidos a instalaciones eléctricas. Si el cable no se desenrolla completamente la bobina puede alcanzar temperaturas muy elevadas que el profesor debe vigilar mientras se lo comenta a los alumnos (y de paso explica por qué las alargaderas tienen dos potencias diferentes si están enrolladas o desenrolladas). Los alumnos pueden comprobar la existencia de este calentamiento si se acercan al montaje.

¹ Es muy importante identificar cuál de los conductores que alimentan al autotransformador es el neutro puesto que de lo contrario, la tensión real en el cable podría ser de 230V en uno de los extremos en lugar de 50V.

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

Figura 3 Imagen del panel en la demostración 3a antes de encender la estufa (arriba) y después de encender la estufa (abajo). La tensión al final de la línea pasa de 110V a 93V.



Pedro Llovera Segovia, Josep Simón Castel, Vicente Fuster Roig

Análisis de la puesta en práctica.

El esfuerzo realizado para poner en marcha estas demostraciones ha permitido ver algunos resultados concretos positivos y algunos aspectos a mejorar.

En primer lugar, las demostraciones producen reacciones emocionales en el alumno útiles para lograr la motivación: suspense sobre una predicción, sorpresa por la aparente violación de una ley o por el calentamiento de un cable y la disminución de brillo de una bombilla. El objetivo es también provocar la curiosidad en el alumno y el gusto por resolver paradojas o problemas técnicos. En segundo lugar, las demostraciones se utilizan para apoyar la teoría de manera prolongada puesto que se pueden citar a lo largo de todo el curso para aspectos posteriores de la asignatura, dudas planteadas por alumnos o tutorías. Es cierto que estos efectos se deben a que es la única asignatura donde se realizan demostraciones de este tipo y eso las refuerza de manera comparada aunque esto sea una ventaja relativa. En tercer lugar, conectan la práctica del laboratorio con la teoría de aula que o no siempre están bien sincronizadas en los calendarios o, en el mejor de los casos, la separación espacial, temporal y pedagógica de ambas produce dificultades al alumno para vincular teoría y prácticas. Esta metodología de demostraciones permite reforzar el vínculo entre teoría y práctica. Ciertamente, lo ideal sería que todas las clases discurrieran en el laboratorio pero esto no es habitualmente posible por razones organizativas y presupuestarias. De hecho, respecto al coste, la implantación de estas demostraciones ha sido relativamente económica debido a la posibilidad de reutilizar los equipos del laboratorio directamente gracias al sistema de panel y clips de sujeción aunque esto, en ningún caso, represente una justificación para las mencionadas reducciones de tiempo y presupuesto.

En cuanto a los resultados académicos, se ha constatado una reducción en el número de errores sobre conceptos fundamentales de Electrotecnia en las pruebas de calificación. Igualmente, se ha podido observar una mejora de comprensión en las sesiones de laboratorio, en particular en la sesión dedicada a las corrientes y tensiones alternas (relacionada con la demostración nº2).

Todo ello no quita que existan algunas dificultades que requieren mejoras. Por ejemplo, la visibilidad de las demostraciones en aulas grandes es reducida. Frente a esto, se puede utilizar una cámara y un proyector de vídeo, pero esta solución resta algo al efecto de realidad que se pretende buscar. Los equipos con grandes indicadores luminosos existen pero son, desgraciadamente, de coste elevado. Otra cuestión es el traslado de equipos del laboratorio al aula que, en nuestro caso particular, plantea problemas logísticos y un esfuerzo adicional además del riesgo de dañarlos durante el transporte. La cuestión del tiempo consumido en el desarrollo de las demostraciones es discutible puesto que la demostración sustituye algunos ejemplos de cálculos teóricos y permite afianzar mejor los conceptos. Se puede concluir

Uso de las demostraciones prácticas en las clases de teoría para mejorar el aprendizaje de la Electrotecnia.

que globalmente se invierte un poco más de tiempo pero se logran mejores resultados de aprendizaje. Otro aspecto es la relativa pasividad del alumno en comparación con una práctica de laboratorio. Esto es cierto y recuerda que el objetivo inicial de estas demostraciones es paliar la reducción en número de horas y sesiones de prácticas y suavizar la separación entre teoría y práctica que se produce generalmente en la asignaturas. Por otro lado no deja de ser una característica habitual de las clases teóricas, que se puede paliar parcialmente haciendo participar en cada sesión a algunos selectivamente en la preparación, manipulación y observación de los experimentos o en asistir al profesor en su realización.

Mejoras en curso de implantación.

Actualmente estamos trabajando en la fusión del laboratorio y el aula de teoría y en el aumento de la participación del alumno en las demostraciones. Para ello se está desarrollando un sistema de alimentación segura a 12V con transformadores 230/12V de 50W habituales de lámparas halógenas y regletas de baja tensión que resultan económicos para crear, en el momento en el aula, una red de tensión alterna de 12V o 24V en las mesas. Estos montajes se están diseñando contando con las limitaciones de la cantidad total de equipos disponibles en el laboratorio y la dificultad de trasladarlos al aula (una gran cantidad de material desplazado aumenta las posibilidades de daño o extravío).

El objetivo será que los alumnos hagan montajes y resuelvan problemas de cálculo de circuitos por grupos de cuatro al mismo tiempo que se adquieren los conceptos teóricos. Esa misma red se podrá conectar a una o varias fuentes de tensión continua de 12V y 3A que también permitan realizar pequeños montajes sencillos de corriente continua en las mesas. El objetivo de los montajes será la resolución de un circuito eléctrico que ilustre los conceptos teóricos que se pretenda adquirir. Además, los resultados obtenidos por los alumnos se introducirán en la plataforma virtual de la asignatura (PoliformaT) para obtener una calificación que contribuirá de forma positiva a la calificación final. Este momento, se aprovechará para añadir preguntas de teoría en la conocida fórmula “last minute question”.

Por otra parte, para mejorar la visibilidad de las demostraciones “convencionales” descritas en este artículo, se está optando por la solución ya mencionada más arriba del uso de una cámara o incluso de un teléfono móvil conectado al proyector de vídeo del aula.

Pedro Llovera Segovia, Josep Simón Castel, Vicente Fuster Roig

Conclusiones.

El uso de las demostraciones en las clases teóricas para la enseñanza de la Electrotecnia en el segundo curso del grado de Ingeniería Civil o del grado de Obras Públicas ha producido importantes mejoras en la comprensión del alumno de los conceptos eléctricos expuestos así como en la coherencia de los contenidos de la asignatura. Las demostraciones permiten ilustrar los conceptos teóricos que se adquieren, además de preparar las sesiones prácticas de laboratorio. Por ello pueden tener un papel relevante en la articulación del currículum global de las carreras de ingeniería. Las demostraciones acortan la separación artificial entre teoría y práctica además de poder inscribirse en una metodología activa. En las demostraciones descritas se han analizado no sólo conceptos que se explican sino sobre todo la reacción que producen en el alumno por la forma de presentarlas. Este aspecto para nosotros, incluida cierta teatralización, es fundamental a la hora de obtener la mayor eficacia de aprendizaje y didáctica utilidad de las demostraciones. El uso de demostraciones experimentales en el contexto de clases teóricas (en lugar de, por ejemplo, material audiovisual) puede contribuir a cimentar una formación coherente del ingeniero de acuerdo a las habilidades cognitivas y prácticas que habrán de caracterizar su desarrollo profesional.

Referencias

- Colino López, A. y Sánchez Ron, J. M. (2007) "Introducción". En Fleming J. A. (1921) *Cincuenta años de Electricidad: Memorias de un ingeniero eléctrico*. Editorial Crítica, Barcelona.
- Goody, G. (1991). "Teaching telegraphy and electrotechnics in the physics laboratory: William Ayrton and the creation of an academic space for electrical engineering in Britain, 1873-1884". *History of Technology* 13: 73-111.
- Goody, G. (2008). *Domesticating Electricity: Technology, Uncertainty and Gender, 1880-1914*. Pickering & Chatto, London.
- Heering, P. (2009). "The Role of Historical Experiments in Science Teacher Training: Experiences and Perspectives". *Actes d'Història de la Ciència i de la Tècnica* 2 (1): 389-439.
- Lewin W. (2012). *Por amor a la física*. Ed. Random House Mondadori, Barcelona..
- Llovera-Segovia P (2011). "Dos estrategias para la mejora del aprendizaje de Electrotecnia en la Escuela de Caminos UPV". *Jornadas de Innovación Educativa*. Instituto de Ciencias de la Educación-Universitat Politècnica de València, Valencia.