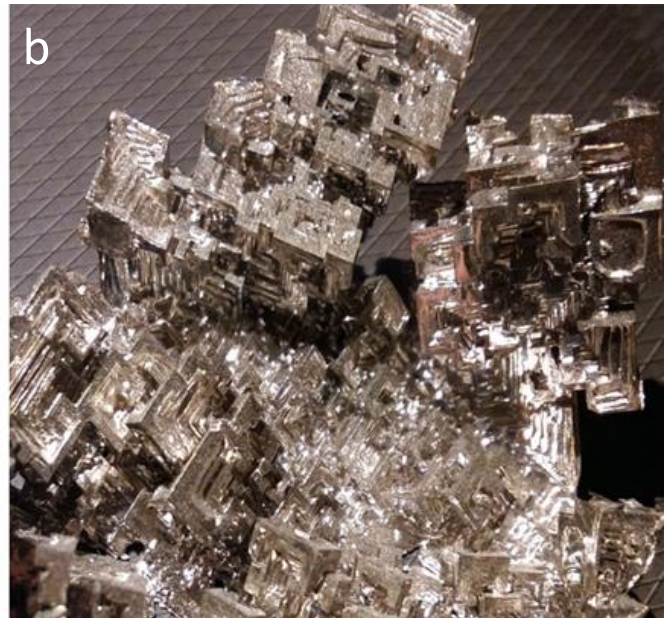


Material-ES

REVISTA DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE MATERIALES

Editor Invitado: Teresa Guraya



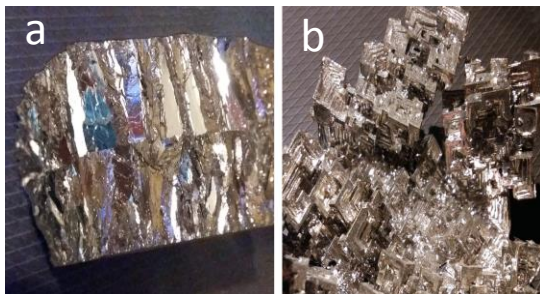


Imagen de Portada:

Muestras de lingotes de bismuto fracturado (a) y recristalizado (b), donde se puede observar la estructura policristalina del metal.

“Toca-toca: ejemplos sencillos para conceptos complejos en asignaturas de ciencia y tecnología de materiales”

Jose Gámez-Pérez; Nuria Salán

Editor Invitado

Teresa Guraya. *Profesora de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea.*

Editor

Rodrigo Moreno. *Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC. Madrid. España.*

Secretaría

Anna Muesmann. *SOCIEMAT. Madrid. España.*

Junta Directiva de SOCIEMAT

Presidente:

Juan José de Damborenea González

Vicepresidente:

Rodrigo Moreno Botella

Secretaría:

Gloria Patricia Rodríguez Donoso

Tesorera:

Anna M^a Muesmann Torres

Presidente Saliente:

Paloma Fernández Sánchez

Vocales:

M^a Victoria Biezma Moraleda

Jose Ygnacio Pastor Caño

M^a Teresa Pérez Prado

José Luis Plaza Canga-Argüelles

Daniel Sola Martínez

URL: <http://sociemat.es>

Correo electrónico: info@sociemat.es / sociemat1996@gmail.com

Tel.: 618 170 493

Sociedad Española de Materiales SOCIEMAT

Entidad inscrita en el R^o Nacional de Asociaciones del

Ministerio del Interior, Grupo 1, Sección 1, Número Nacional 161428

EDITORIAL

Muchos de los científicos y tecnólogos que trabajamos en la Ciencia e Ingeniería de Materiales en el estado español ocupamos una parte importante de nuestro tiempo en preparar futuros profesionales de la Ciencia y la Ingeniería de Materiales. Debemos formarlos para una realidad social y tecnológica que no conocimos como estudiantes y que, a menudo, sentimos que nos atropella en el día a día. El nuevo paradigma pedagógico nos insta a dotar a nuestro estudiantado de capacidades y competencias que apenas somos capaces de enunciar plenas de contenido. Debemos adaptarnos a un entorno donde “toda la información” está al alcance inmediato de un click, dejando a un lado con cierta nostalgia, el cómodo uso y abuso de pizarra y transparencias, cuando los contenidos fluían con una cadencia controlada y adaptada a nuestros objetivos docentes. Por ello es muy oportuno y valioso que SOCIEMAT haya considerado incluir en las reuniones bienales de su Congreso Nacional de Materiales un simposio específico sobre Educación, que actúe como espacio de presentación de nuevas metodologías docentes, experiencias concretas de aula y foro de debate de ideas. Todos los que participamos en ello nos enriquecemos mutuamente y nos sentimos acompañados en este nuevo camino. Dando una vuelta de tuerca más en el apoyo a toda la comunidad docente de Materiales, SOCIEMAT ha decidido hacer un nuevo esfuerzo y publicar periódicamente números monográficos dedicados a la Educación en la nueva revista Material-ES. Serán un espacio para la difusión de estos trabajos, donde hacer partícipes a otros colegas de nuestros pequeños y grandes esfuerzos en el aula y nuestros éxitos y frustraciones en ese camino común en la docencia de materias relacionadas con los Materiales.

Para mí es un honor participar en la edición de este primer volumen monográfico que la revista Material-ES dedica a la Educación y os animo a todos a mandar vuestras contribuciones. La comunidad de docentes lo necesitamos y os lo agradecemos.

Teresa Guraya

Profesora de Ciencia e Ingeniería de Materiales. Universidad del País Vasco-Euskal Herriko Unibertsitatea

Miembro de la red Interuniversitaria de Innovación Docente en Ciencia de Materiales IdM@tl

ÍNDICE

La metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) aplicada a asignaturas de ciencia de los materiales en ingeniería en la red IdM@ti.

L. Cabedo; J. Gámez-Pérez; M. Segarra; P. López-Crespo; R. Izquierdo; M. Royo;
L. Moliner; T. Guraya 25

Teaching sustainability concepts for cities through a BIM model.

J. Orozco-Messana; R. Calabuig; M. Iborra 29

Using concept maps to assess the “oral communication” competence within the “materials for energy applications” course.

J.J. Roa; E. Gallardo-Gallardo; M. Martínez; L. Llanes 32

Las bellas artes en la ingeniería de materiales (El proyecto de las campanas).

. M. Segarra; E. Xuriguera; M. Martínez; A.I. Fernández 36

Toca-toca: ejemplos sencillos para conceptos complejos en asignaturas de ciencia y tecnología de materiales.

Jose Gamez-Perez; Nuria Salán 39

LA METODOLOGÍA DE APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS (ABP) APLICADA A ASIGNATURAS DE CIENCIA DE LOS MATERIALES EN INGENIERÍA EN LA RED IdM@ti

L. Cabedo¹, J. Gámez-Pérez¹, M. Segarra², P. López-Crespo³, R. Izquierdo¹, M. Royo⁴, L. Moliner⁵, T. Guraya⁶

¹Departamento de Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño (ESID), Universitat Jaume I, Castellón.
lcabedo@uji.es

²Departamento de Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica. Facultad de Química. Universitat de Barcelona, Barcelona.

³Departamento de Ingeniería Civil y de Materiales of Civil, Universidad de Málaga, Málaga.

⁴Departamento de Ingeniería Mecánica y Construcción, Universitat Jaume I, Castellón.

⁵Departamento de Educación, Universitat Jaume I, Castellón.

⁶EUITI, Universidad del País Vasco (UPV-EHU), Bilbao.

Resumen: En este trabajo se va a presentar una experiencia docente llevada a cabo de forma coordinada entre profesorado de la red de innovación docente en ciencia de materiales IdM@ti. Se trata por tanto de una experiencia interuniversitaria que se ha desarrollado entre cuatro universidades públicas españolas de manera simultánea. Concretamente, el presente trabajo muestra la implementación y el desarrollo de la aplicación de la metodología de aprendizaje basado en proyectos en asignaturas de grados de ingeniería en el ámbito de ciencia de los materiales e ingeniería metalúrgica. Se presentan las experiencias llevadas a cabo durante los últimos cuatro años, mostrando los puntos fuertes y débiles de esta metodología, así como la problemática asociada a la implementación de la misma en asignaturas de curso general de grado. Se presentarán también los resultados obtenidos, así como las principales conclusiones a las que ha llegado el equipo de trabajo de la red IdM@ti.

Palabras clave: docencia universitaria, metodologías activas, redes interuniversitarias, aprendizaje basado en proyectos, IdM@ti.

1. INTRODUCCIÓN.

El nuevo paradigma educativo

Los cambios que se están teniendo lugar en la sociedad durante las últimas décadas han ocasionado que el papel tradicional que habían desarrollado las universidades como centro de la creación y la transmisión del conocimiento haya quedado obsoleto. En la actualidad, la sociedad de la información y la comunicación, las redes sociales, el modelo económico neoliberal y la deslocalización y descentralización del conocimiento hacen necesaria una reflexión profunda sobre el tipo y el contenido de la formación que se da a los estudiantes en las universidades. En este sentido, es labor fundamental de la Universidad facilitar la adaptación de los estudiantes a esta realidad compleja y cambiante [1]. Por consiguiente, se hace necesario reformar los sistemas educativos dentro del Espacio Europeo de Educación Superior para satisfacer las demandas de este nuevo paradigma educativo y, para ello, es menester implementar nuevas metodologías de aprendizaje.

Las nuevas metodologías de aprendizaje han de considerar tres aspectos fundamentales que faciliten la transición a estos nuevos modelos sociales y educativos (Pozo, 2006). En primer lugar, han de tener en cuenta que los entornos formales ya no son la fuente primaria, ya en ocasiones ni siquiera la principal, del

conocimiento. Los docentes deben asistir y reconocer el aprendizaje de espacios no formales y casuales. En segundo lugar, se ha de entender que el conocimiento es múltiple e incierto. La gran cantidad de información a la que se tiene acceso genera nuevas habilidades como buscar, evaluar, organizar, seleccionar y utilizar toda esta información para ser realmente válida, útil y productiva. Finalmente, debe considerarse que el aprendizaje es un proceso continuo y extendido a lo largo de la vida. En esta línea, el desempeño eficiente de una profesión requiere resolver tareas cada vez más complejas, de forma que cada día se vuelve más urgente establecer un vínculo entre la formación y la carrera laboral.

Además de estas consideraciones, debemos seguir las suposiciones hechas por Delors en su informe, no sólo sobre aprender a aprender, sino aprender a hacer, aprender a ser y aprender a vivir juntos [3]. Esta visión holística e integrada de la educación pretende formar ciudadanos capaces y capaces de adaptarse al contexto social de cambio, complejidad e incertidumbre.

Todos estos ingredientes, la cooperación, el aprendizaje entre iguales y las aptitudes como el aprendizaje o la selección y el análisis de la información, sólo pueden lograrse mediante la democratización de la enseñanza - aprendizaje y la aplicación de métodos de aprendizaje

que aumenten la actividad y la participación de los estudiantes, que son, al fin y al cabo, los verdaderos protagonistas.

Aprendizaje basado en proyectos: una oportunidad

Una vez descrito el contexto educativo actual, creemos que una buena herramienta para abordar este reto es el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP).

El ABP es un modelo de aprendizaje en el que los estudiantes plantean, implementan y evalúan proyectos que tienen una aplicación en el mundo real. Este método utiliza los proyectos como vehículo para desarrollar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Se trata de una metodología activa que, pese a no ser muy compleja en su fundamento, requiere una preparación y un desarrollo muy cuidadoso para conseguir que resulte efectiva [4]. Moust et al. [5] y Schmidt [6] propusieron una serie de pasos que han de cumplirse para que la actividad sea ABP y que claramente hacen de ella una metodología activa, donde los estudiantes, en grupo, son quienes establecen los objetivos de aprendizaje y deciden qué debe ser investigado y comprendido.

Dada la naturaleza genérica de las actividades de PBL, los estudiantes trabajan, además de en las competencias específicas, una amplia gama de habilidades transversales, como la resolución de problemas, la toma de decisiones, el trabajo en equipo y la comunicación [7]. Así, el conocimiento se adquiere aprendiendo a aprender de una manera progresivamente independiente. Adicionalmente esta metodología permite aplicar ese conocimiento a la resolución de problemas y situaciones similares a los que se enfrentarán en un futuro en el desempeño de su profesión, de forma que permite el trabajo de competencias asociadas a la vida laboral como las de trabajo en equipo bajo supervisión, trabajo autónomo, manejo eficaz del tiempo y la interdependencia positiva [8].

La metodología PBL está muy extendida y ha demostrado ser muy útil en las disciplinas médicas [6], no obstante, su implementación en el ámbito de las ingenierías no es tan sencilla [9]. Dentro de las ingenierías, las asignaturas del área de ciencia de los materiales son unas de las más tradicionales y donde la implantación de metodologías docentes no tradicionales, como el PBL, parece ser más difícil. No obstante, esta metodología docente se viene aplicando con éxito ya para este tipo de asignaturas desde hace años en universidades estadounidenses [10].

A pesar de la dificultad predecible que implicaría la aplicación de esta metodología en materias de ciencia de los materiales en los grados de ingeniería en las universidades españolas, los beneficios potenciales para los estudiantes nos motivaron a iniciar esta experiencia educativa, dirigida a estudiar la viabilidad de utilizar la metodología PBL en asignaturas de ciencia de los materiales en diferentes grados de Universidades públicas españolas. Esta experiencia se lleva a cabo en el seno de una red de innovación educativa en ciencia de los materiales formada por profesores de siete universidades públicas españolas (IdM@ti). Hasta

donde sabemos, esta experiencia es pionera en España tanto en el campo del conocimiento al que se aplica como en su carácter interuniversitario.

2. EL PROYECTO ABP: EVOLUCIÓN

El proyecto ABP se enmarca en la línea de trabajo de IdM@ti (www.idmati.net), una Red Interuniversitaria de Innovación en la Docencia de Materiales en la que participan siete universidades del Estado; Universitat Jaume I de Castelló, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat de Barcelona, Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, Univeriad de Cádiz, Universidad de Málaga y Universita Politècnica de Valencia. En los últimos años el trabajo conjunto se ha centrado en el uso de la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP) en asignaturas del área de ciencia de los materiales. Esta labor se ha estado llevando a cabo en varias etapas durante cuatro cursos académicos.

En una primera etapa, durante el curso 2012/2013, el proyecto fue destinado a llevar a cabo la implementación de la metodología PBL en asignaturas del ámbito de ciencia de los materiales de forma simultánea en las universidades que forman parte de la red IdM@ti. Este proyecto se desarrolló satisfactoriamente, introduciéndose esta metodología en cuatro universidades distintas de la red: Universitat Jaume I de Castelló, Universidad del País Vasco, Universidad de Barcelona y Universidad de Cádiz. En cada una de las Universidades, la asignatura objeto de la experiencia se encontraba en un grado diferente, de tal forma que su aplicación se pudiera hacer extensible a la mayor parte de los grados en los que el área de conocimiento de la ciencia de los materiales tiene presencia. Por otro lado, el objeto del proyecto fue el mismo para todas las universidades, de manera que se tuvo la posibilidad de comparar los resultados obtenidos en cada una de ellas. El objeto del proyecto fue poco ambicioso, de forma que su alcance fuera el suficiente como para ser abordado a lo largo de una asignatura de los primeros cursos. Concretamente, el proyecto fue el diseño de unas cuchillas de afeitar. Los resultados obtenidos fueron muy satisfactorios en todos los casos, de manera que se concluyó que era posible implantar la metodología en prácticamente cualquier asignatura de este ámbito.

El curso siguiente, 2013/2014, la experiencia estaba destinada a consolidar la implementación de la metodología ABP en las distintas asignaturas, así como a buscar que esta metodología sirviera como herramienta de coordinación docente a dos niveles: a) dentro de una misma universidad (concretamente entre dos asignaturas de la UJI); y b) interuniversitaria dentro de la red IdM@ti. El primero de los objetivos se abordó mediante una readaptación de la misma, posibilitando la coordinación del trabajo a llevar a cabo por los estudiantes entre las dos asignaturas implicadas. El aumento en la duración, así como el enfoque multidisciplinar que se le dio al proyecto ejerció un claro impacto positivo en los resultados del mismo, así como en la percepción que de él tenían los alumnos

(viendo el proyecto como un posible nexo entre todo lo que estaban estudiando y permitiéndoles adquirir una visión general). Por otro lado, el proyecto también perseguía emplear la metodología del ABP como una herramienta de coordinación interuniversitaria dentro de la red IdM@ti, ya que, además de elegir el mismo problema en las diferentes universidades (cosa que se realizó durante el curso anterior), se llevó a cabo una planificación del proyecto conjunta. Así pues, durante el curso 2013/2014 se diseñó un plan de trabajo común y secuencial entre las cuatro universidades, de manera que los alumnos de cada una de las universidades eran responsables de una parte del proyecto (Entregable). Finalmente, la suma de los cuatro entregables dio como resultado el proyecto completo, que en esta ocasión consistió en un bastón de senderismo.

El curso 2014/2015 se propuso que el componente de coordinación interuniversitaria saltara al plano del estudiantado, de tal forma que se pudieran dar las condiciones para un aprendizaje entre pares a nivel interuniversitario. Se buscó una interacción entre estudiantes de tres grados distintos en tres universidades españolas (UJI, UB y EHU). La coordinación de la acción resultó bastante compleja y no se pudo llevar a cabo con la totalidad de la profundidad que se buscaba, ya que no solo la parte técnica es difícil al no poderse encontrar unas herramientas informáticas que resultaran óptimas, sino que las particularidades en las planificaciones docentes y los calendarios académicos de cada una de las asignaturas y universidades implicadas hizo que las interacciones de alumnos a nivel interuniversitario fueran muy complicadas y no se pudieron prolongar durante todo el semestre. No obstante, el proyecto se llevó a cabo a través de la generación de documentación por cada uno de los centros implicados y el intercambio de esta. En esta ocasión, el producto a desarrollar fueron unos pódiums para eventos deportivos. Los problemas surgidos durante la realización de aquel proyecto, pusieron de relevancia la dificultad de coordinar acciones entre varias universidades y de cómo la rigidez de nuestros programas educativos no permite hacer actividades de este calado. En este sentido, el equipo investigador pudo reflexionar con profundidad sobre este tema y sobre la conveniencia de reflexionar colectivamente en el paradigma educativo actual en pos de permitir la introducción de nuevas metodologías docentes, más adaptadas y convenientes a la sociedad actual.

Fruto de una reflexión profunda sobre los fallos del proyecto del curso 14/15 y con la experiencia adquirida en los cursos anteriores, el curso pasado (2015/2016) se llevó a cabo un nuevo proyecto en el que se iba a trabajar la coordinación a nivel del estudiantado, pero con varias modificaciones derivadas de las conclusiones del proyecto del curso 14/15: era necesario llevar a cabo reuniones presenciales entre los alumnos, el objeto tenía que ser técnicamente menos complejo y el resultado del proyecto debía ser de utilidad práctica.

Esta última conclusión nos llevó a plantearnos que, en lugar de dedicar este tiempo y esfuerzo a un trabajo meramente especulativo y académico, podíamos

invertirlo en intentar ayudar a resolver algún problema a personas de colectivos desfavorecidos. Para ello, se buscó la colaboración del Maset de Frater, que es un centro especializado en personas con limitaciones funcionales severas ubicado en el Grao de Castelló. El centro, y más concretamente los internos y el gabinete técnicos del centro, sirvieron en esta ocasión como ente promotor y usuario final del producto objeto de trabajo durante el curso. El proyecto fue un éxito para todas las partes: los alumnos se implicaron como no lo habían hecho hasta el momento con sus proyectos, la coordinación entre universidades mejoró considerablemente (a pesar de tener un gran potencial de mejora, fue efectiva en lo esencial propiciando una formación entre pares) y la experiencia piloto de Aprendizaje-Servicio nos sirvió al profesorado para convencernos que ésta debe ser la línea de trabajo a seguir.

Las Figuras 1 a 4 muestran algunos resultados de los proyectos



Figura 1. Ejemplo de diseño de una cuchilla de afeitar con mecanismo interno dispensador de jabón

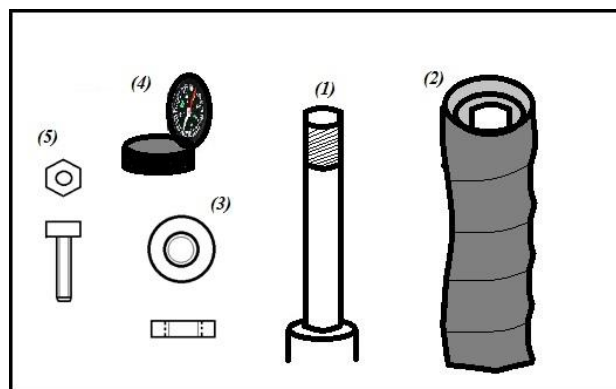


Figura 2. Ejemplo de diseño de un bastón de monte con detalles de las mejoras propuestas por el equipo de trabajo



Figura 3. Ejemplo de diseño de un pódium para entrega de premios en eventos deportivos

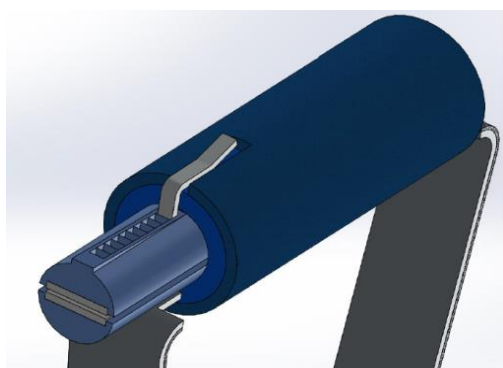


Figura 4. Diseño del adaptador de mango de cubertería

3.- AGRADECIMIENTOS

Agradecer el apoyo económico para esta acción de innovación educativa al Vicerrectorado de Estudiantes, Ocupación e Innovación Educativa de la Universitat Jaume I de Castellón a través del Proyecto de Innovación Educativa (PIE 3047/15), al Vicerectorat de Docència de la Universitat de Barcelona a través del proyecto de Innovación Docente (2016PID-UB/008) y al Vicerrectorado de Estudios de Grado e Innovación de la Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea a través del Proyecto de Innovación Educativa (PIE 2015-17-4). Así mismo, todos los profesores que hemos participado de estos proyectos queremos agradecer a nuestros estudiantes su disponibilidad y entusiasmo para participar.

4.- REFERENCIAS

Se citaran en el texto con el número correspondiente entre corchetes: [1]. Aparecerán agrupadas en la última sección. Las referencias se numerarán correlativamente

en el orden que aparecen en el texto, con la forma siguiente:

- [1] Castells, M. "La era de la información. Economía, sociedad y cultura. Vol. 1" México: Siglo XXI, 1996.
- [2] Pozo, J.I. "La nueva cultura del aprendizaje en la sociedad del conocimiento." En J.I Pozo; N. Scheuer; M. del P. Pérez; M. Mateos; E. Martín y M. de la Cruz. "Nuevas formas de pensar la enseñanza y el aprendizaje". Barcelona, Graó, 2006.
- [3] Delors, J. (Coord) "La educación encierra un tesoro. Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la educación para el siglo XXI". Madrid, Santillana, 1996.
- [4] Barrows, H.S. "A Taxonomy of problem-based learning methods". Medical Education, 20(6), 481–486, 1986.
- [5] Moust, J.H.C., Bouhuijs, P.A.J., Schmidt, H.G. "El aprendizaje basado en proyectos: Guía del estudiante". Cuenca: Ediciones de la UCLM, 2007.
- [6] Schmidt, H.G. "Problem-based learning: rationale and description". Medical Education, 17, 11-16, 1983.
- [7] De Miguel, M. (Ed.). "Metodologías de enseñanza para el desarrollo de competencias. Orientaciones para el profesorado universitario ante el Espacio Europeo de Educación Superior". Madrid: Alianza, 2005.
- [8] Vizcarro, C., & Juárez, E. "¿Qué es y cómo funciona el aprendizaje basado en proyectos? La metodología del Aprendizaje Basado en proyectos." http://www.ub.edu/dikasteia/LIBRO_MURCIA.pdf, Descargado a fecha de 01/12/2016, 2009
- [9] J. Rojter, ASEE Conference, "Development and implementation of PBL and other inductive pedagogies in engineering science: work in progress", Atlanta, 2009
- [10] D. H. Jonassen, S. K Khanna, ASEE Conference, Implementing problem based learning in materials science, Vancouver, 2011

Teaching Sustainability Concepts for Cities through a BIM model

J. Orozco-Messana¹, R. Calabuig¹, M. Iborra¹

¹Universitat Politècnica de Valencia, Ed. Nexus 4^a planta, Camino Vera s/n, 46022 Valencia (Spain)
jaormes@upv.es

Resumen: Within the scope of the Erasmus+ project "Essence" a new approach for teaching the relevance of materials into sustainable cities was developed. It is difficult for students to assess the impact of materials selection into sustainability and during the project BIM models for a city area were developed and parameterized for assessing the impact of materials onto relevant sustainability indexes under given selected conditions..

Palabras clave: BIM, building materials, Sustainability.

1. Introduction

The use of materials in architecture is lacking a systematic approach allowing the adequate comparison of performance from well established criteria and international standards. Sustainability of materials in architecture requires a thorough analysis on the concepts of the ecology of contemporary construction, and the relevance for the final user. This effort involves standards and databases for defining attributes for our existing buildings. After considering all relevant information a Life Cycle Analysis (LCA) approach is introduced for the correct evaluation of materials in the sustainable building. This paper provides a systematic approach to this evaluation. The impact of hybrid materials is also explored as an alternative strategy for the architectural use of materials today. At the final stage the relevance of materials is performed through commercial software solutions and incorporated to the design.

The students identify building types according to city standards and create an associated building materials bill for assessing the neighbourhood situation regarding energy efficiency for façades. Later they develop an strategy regarding the façade (and roof materials) for optimizing the overall LCA performance of the neighbourhood. Relevant conclusions are identified for the design and use of new materials in architectural design.

The implementation of a joint analysis using a BIM model of a real neighbourhood poses a very relevant learning environment for assessing all materials relevant concepts on the built environment sustainability

2. Built Environmental sustainability

Environmental life cycle assessment (LCA) has evolved over the last three decades from merely energy analysis to a comprehensive environmental burden analysis in the 1970s, full-fledged life cycle impact assessment and life cycle costing models were introduced in the 1980s and 1990s, and social-LCA and particularly consequential LCA gained ground in the first decade of the 21st century. Many of the more recent developments were initiated to broaden traditional environmental LCA to a more

comprehensive Life Cycle Sustainability Analysis (LCSA).

It is possible to distinguish two main periods in the past of the LCA: the first period is from 1970 to 1990: Decades of conception. And the second period is from 1990 to 2000: Decade of Standardization.

The first studies to look at life cycle aspects of products and materials date from the late sixties and early seventies, and focused on issues such as energy efficiency, the consumption of raw materials and, to some extent, waste disposal. Because of this, there was little distinction, at the time, between inventory development and the interpretation of total associated impacts. The period 1970-1990 comprised the decades of conception of LCA with widely diverging approaches, terminologies, and results.

In the second period standards began to settle. The 1990s saw a remarkable growth of scientific and coordination activities worldwide, which is reflected in the number of workshops and other forums that have been organized in this decade and in the number LCA guides and handbooks produced. Also the first scientific journal papers started to appear in the Journal of Cleaner Production, in Resources, Conservation and Recycling, in the International Journal of LCA, in Environmental Science & Technology, in the Journal of Industrial Ecology, and in other journals.

Through its North American and European branches, the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) has set a framework, terminology and methodology for LCA. Next to SETAC, the International Organization for Standardization (ISO) has been involved in LCA since 1994. Whereas SETAC working groups focused at development and harmonization of methods, ISO adopted the formal task of standardization of methods, and procedures. There are currently two international standards in place:

- ISO 14040 (2006): Environmental management; Life cycle assessment; Principles and framework.
- ISO 14011 (2006): Environmental management; Life cycle assessment; Requirements and guidelines.

The next period (1990-2000) can be summarized by the word "convergence" through SETAC.s coordination and ISO.s standardization activities, providing standardized framework and terminology, and platform for debate and harmonization of LCA methods. Note, however, that ISO never aimed to standardize LCA methods in detail: "there is no single method for conducting LCA" [1].

The rapid surge of interest in "cradle to grave" (or cradle to cradle, C2C) assessment of materials and products through the late 1980s and early 1990s meant that by the 1992 UN Earth Summit there was a groundswell of opinion that life-cycle assessment methodologies were among the most promising new tools for a wide range of environmental management tasks. The most comprehensive international survey of LCA activity to date., The LCA Sourcebook, was published in 1993.

Although the pace of development is slowing, the methodology is beginning to consolidate, moving the field toward a long-awaited maturity. Yet the usefulness of the technique to practitioners is still very much in debate [2].

2. Teaching implementation

A simplified BIM model of a neighbourhood using blocks as envelopes for buildings, was used for providing an in depth analysis of the main sustainability parameters for a city from LEED, ISO 14040, and ISO 37120. The blocks are parameterized and checked with different materials combination for assessing sustainability performance.

The students developed different building typologies and studied refurbishment alternatives from the sustainability point of view. The different strategies were then tested and optimized using the BIM model of the Ruzafa neighbourhood in Valencia. Different building solutions and materials were used on the parameterized buildings. The influence of materials selection on different sustainability measurements was used as optimization criteria. The results were analyzed and relevant conclusions reached.

The results obtained are shown on the following figures.

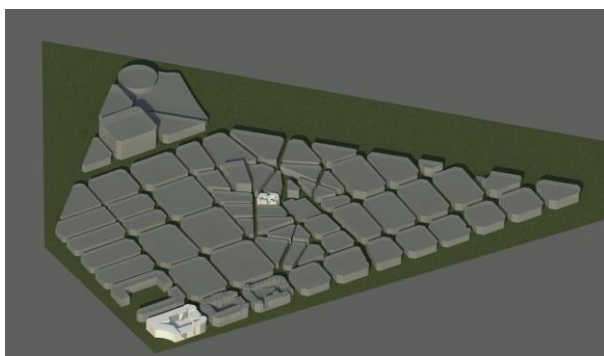


Fig.1 Ruzafa neighbourhood model.

The main impacts indicators on this LCA procedure are the energy consumption (energy breakdown in terms of direct and indirect contributors, MJ per functional unit), the global warming potential (in terms of CO₂ equiv. per functional unit) and the end of life possibilities (in terms of effective practicable scenarios, i.e. of recycling).

The choice to adopt the first two impact indicators (energy consumption and global warming potential) is due to the above mentioned need of simplification, maintaining, at the same time, a global vision of the whole environmental load.

Among the typical LCA impact indicators energy consumption and global warming potential probably have the ability to cover each life cycle phase of the considered system and they are understood by most of the public. The environmental stressors are considered as a limiting restriction

The end of life is then taken into consideration to specify the practicable scenarios referred to a component or material after the use phase. At this level, it could be useful to conduct a qualitative analysis about the possibility of disassembling the components of the product in order to identify the amount of material really reusable or recyclable.

By comparing the figures obtained through a balance on these parameters for the building life phases detailed before, a numerical criteria is formed for the sustainability of the building as a whole.

The structured procedure used is as follows:

- Prepare a draft project.
- Analyze properties of the candidate materials per building subsystem criteria.
- Prepare assemblies by detailed calculations from hybrid materials composition.
- Select optimum options and quantify them.
- Develop alternative optimum design options.
- Introduce the data into Excel spreadsheets and compare the sustainability evolution.
- Fine-tune the sensitivity of the solution to use and recycling criteria.

And the results are presented in a chart format as shown on figure 2.

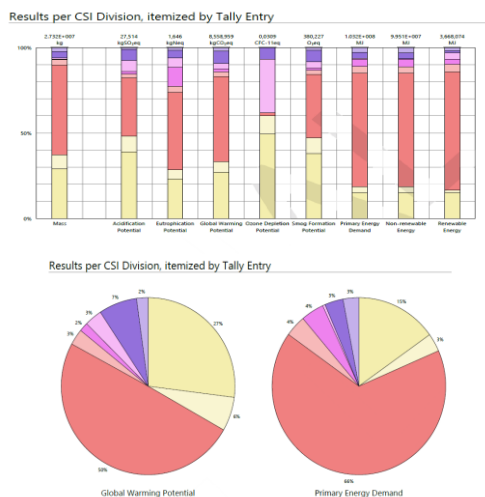


Fig.2 Charts for Ruzafa

3. Conclusions

The use of models for identifying the relevance of materials in real contexts provide not only a useful tool for decision makers, but in a controlled and simplified environment, a powerful instrument for enthusing students through evidence of the relevance of materials in their core disciplines.

The project identified further areas for improvement:

- Include a wider approach by alliance with budgeting soft (Presto).
- Create standards for environmental info on materials.
- Fine tune architectural design procedures concurrently with materials.
- Evaluation of recycling practices/standards.
- Evaluation of energy policies impact.
- Assessment of future neighbourhood plans.

And the most relevant result is developing a new strategy for "learning by doing" which resulted in excellent personal development for the students (see final group picture below).



Fig.3 Pilot "Essence" group.

4. Acknowledgements

This work was supported by Erasmus+ KA2 strategic partnerships initiative (Grant number 2014-1-NL01-KA203-001292).

5. References

- [1] Heijungs, R.; Huppes, G.; Zamagni, A.; Masoni, P.; Life Cycle assessment: Past, Present and Future. *Environ. Sci. Technol.*, 2011; 45 (1): pp 90–96.
- [2] Hoffman, L.; Schmidt, A.; Life Cycle Assessment. A guide to approaches, experiences and information sources. *Man. of Environ. Quality: an int. Jour.*, 1997; 17 (4): pp 490-507.
- [3] Cidell, J.; A political ecology of the built environment: LEED certification for green buildings; *The International Journal of Justice and Sustainability*, 2009; 14 (7): pp 621-633.
- [4] Bakker, C.A.; Wever, R.; Teoh, C.H.; de Clercq, S.; Designing cradle-to-cradle products: a reality check; *International Journal of Sustainable Engineering*, 2010; 3 (1): pp 2-8.
- [5] de Benedetti, B.; Toso, D.; Baldo, G.L.; Rollino, S.; Eco Audit: a Renewed Simplified Procedure to Facilitate the Environmentally Informed Material Choice Orienting the Further Life Cycle Analysis for Ecodesigners; *Materials Transactions*, 2010; 51 (5): pp 832-837.
- [6] Ramalhete, P.S.; Senos, A.M.R.; Aguiar, C.; Digital tools for material selection in product design; *Materials & Design*, 2010; 31 (5): pp 2275-2287.

USING CONCEPT MAPS TO ASSESS THE “ORAL COMMUNICATION” COMPETENCE WITHIN THE “MATERIALS FOR ENERGY APPLICATIONS” COURSE

J.J. Roa¹, E. Gallardo-Gallardo², M. Martínez³, L. Llanes¹

¹Dept. de Ciència de los Materials e Ing. Metalúrgica. School of Industrial Engineering of Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech. Barcelona 08028, Spain, joan.josep.roa@upc.edu

²Dept. Organización de Empresas. School of Industrial Engineering of Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech. Barcelona 08028, Spain

³Dept. Ingeniería Química. School of Industrial Engineering of Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech. Barcelona 08028, Spain

Abstract: Technical skills, even for technical positions, are insufficient for subsequent success beyond an entry-level position, since it usually requires proficiency in soft-skills areas such as: communication, leadership, conflict resolution and self-management, amongst others. Hence, helping technical students to develop and improve such soft-skills areas is of real need, and that is why generic competences are included in technical syllabus. However, the assessment of such competences is not an easy task, not to mention if we are not from such area of expertise. The aim of this manuscript is twofold. First, to present the use of ‘concept maps’ as a useful strategy to support the students’ learning process. Second, and more specifically, to show the usability of a methodology to develop and assess the “oral communication” competence within a technical optional subject (Materials for Energy Applications), offered in two different Masters at the School of Industrial Engineering of Barcelona at the Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech.

Keywords: soft-skills; oral communication; evaluation strategy; transversal competencies.

1. INTRODUCTION.

In 2010 the European Higher Education Area (EHEA) was launched to ensure more comparable, compatible and coherent systems of higher education in Europe. All Degrees and Master Studies adapted to EHEA must define a profile of competences that students should acquire, including both generic and specific competences [1,2]. The former are common to different courses and areas, but they may have different importance and depth of knowledge, depending on the field of study. It is interesting to note that these competences are the basis for the students’ integration into working life and their professional development.

The Universitat Politècnica de Catalunya-Barcelona Tech (UPC) have included seven generic competences, already defined at a national level, and accepted by the Quality system department, in its Degrees and Masters. They are: entrepreneurship and innovation, sustainability and social commitment, third language, effective oral and written communication, teamwork, competent use of information resources, and autonomous learning [3]. It should be highlighted that during the last years, plenty of efforts have been devoted to develop different tools to assess these generic competences as reported in Refs. [4,5].

This study presents the use of concept maps as a strategy to develop and assess the *effective oral communication* competence. Moreover, this paper shows the usability of this methodology and assessment scale to support the students’ learning process.

Specifically, it is going to be explained how concept maps were used in a course entitled “Materials for Energy Applications”, which is an optional one offered at the second academic year in the Master’s degree in Materials Science and Engineering and the Master’s degree in Industrial Engineering at the School of Industrial Engineering of Barcelona (ETSEIB) at the UPC.

2. CONCEPT MAPPING.

Joseph Novak [6] described the development of concept maps in the early 1970s as part of a longitudinal research project that assessed changes in children’s understanding of science concepts over a 12-year period. This author remarks the potential of concept mapping to improve science education as a learning strategy, an instructional strategy, a strategy for planning curriculum, and a means of assessing students’ understanding of science concepts [7].

A Concept map (CM) uses hierarchical order to link concepts together with propositions (i.e. linking words that highlight the relationship among concepts). In short, a CM is a graphical technique for representing the connection between several ideas or pieces of information. Since students are asked to construct a CM themselves without a template, their map represents their own interpretation of ideas (i.e. it can be seen as a portrayal of their mental model and knowledge about a topic). This tool is useful not only to organize knowledge and so help understanding, but also to

improve several generic competences (e.g. critical thinking).

Creating a CM can be seen as an iterative process. However, five basic steps are required:

- 1) To determine the key concepts.
- 2) To order these concepts from generic to specific.
- 3) To group and put them into a hierarchy, in order to clearly show the connection logic.
- 4) To write down the propositions (i.e. linking words) that will connect each group of concepts, making its reading and understanding easier.
- 5) To revisit the CM in order to assure its clarity and logic.

3. METHODOLOGY.

Subjects for this study were the students enrolled in the *Materials for Energy Application* course during the spring term of the academic year 2015-2016. Twenty-five students, from different countries (i.e. France, Spain, Germany, Austria, etc.), participated in these compulsory activities as part of their continuous assessment.

They were asked to create working groups of four (five students as maximum). During the semester each group had to do two different activities that involved to create a CM of an academic article and orally present it to the rest of classmates, with an allotted time of three minutes. The main difference between these two activities was that, in the first one, all groups worked with the same article (given by the professor), whereas in the second activity each group had a different paper (chosen by themselves from the academic databases available at the UPC and validated by the professor). Specific guidelines on the procedure and the presentation were given in advance. It was compulsory to all group members to participate in the preparation of their CM presentation, since for the three minutes speech one student from each group was chosen at random in class and just before their turn. They needed to be able to communicate the main ideas of the academic article in a way that all their peers understand, and also, the orator needed to maintain the attention from their peers during the presentation. Due to the short amount of time they had, the projection of their CM was crucial in order to help achieving this goal.

The assessment tool used was a scale of 4 levels (1: poor, 2: average, 3: good and 4: excellent) and five criteria (Concept selection, Hierarchical organization, Propositions, Graphical representation and Oral communication) [8]. **Figure 1** shows the scale used to evaluate not only the CM itself but also the way it was presented. Two different boxes were added in order to detect the strengths and the points to improve in a more detailed way. Professors from different areas of expertise (i.e. the authors of this manuscript) and peers

were involved in the assessment of the activity. A schematic representation for this methodology is represented in **Figure 2**.

EVALUATION CRITERIA	LEVELS			
	Excellent (4)	Good (3)	Average (2)	Poor (1)
Concept selection (15%) The map includes all the relevant concepts of the article.				
Hierarchical organization (30%) It is presented an appropriate structure of the concepts (from general to specific). There exists a hierarchy.				
Propositions (30%) The map includes valid relationships between different concepts. The type of relationship is well indicated by means of an arrow and a connector (word).				
Graphic representation (15%) The design of the map is clear and simple. The map shows an appropriate use of symbols and technical lexicon.				
Oral Communication (10%) A clear and concise explanation of the mind map, using an appropriate tone of voice, was done.				
TOTAL SCORE:				

Write a strength:

Write a point to improve:

feedback

Figure 1. Scale designed for the assessment of CMs activities.

An immediate oral feedback was given after the presentation, and a more detailed and personalized feedback, taking into account the marks and comments of the scales, was given within one week. This first feedback obtained helped them to prepare the second CM. By using such a tool and methodology, they received good quality feedback so they could improve their self-learning process [9-10].

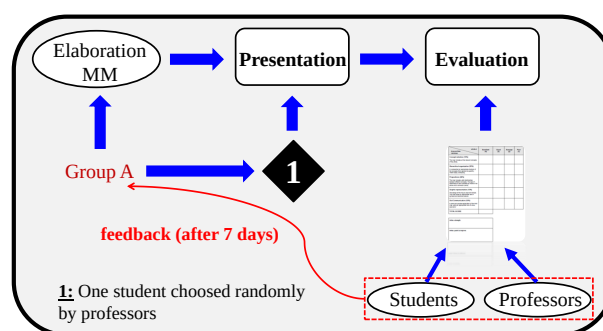


Figure 2. Schematic representation of the methodology presented here.

4. RESULTS AND DISCUSSION.

Figure 3 exhibits the detailed feedback supplied to each group within one week after their presentation. As depicted in this figure, it consisted in two different parts: i) feedback supplied by the professors, including the strengths and points to improve; and ii) collective feedback from their peers.

	CRITERIA	STRENGTH	POINT TO IMPROVE
Part 1	Concept selection	More than the 70% of the main concepts are present	The main concept should be 1 concept (not a sentence)
	Hierarchical organization	Main idea is clear and visible	Could be more clear
	Propositions	Colours corresponds with explanation	Linking words are not appropriate Arrow directions Not clear Connectors should help to transform the figure into text
	Graphic representation	Simple Creative idea Clear	All concepts should be in a square All arrows should have a direction
	Oral communication	Clear Good tone of voice Good visual contact With the presentation it is easy to follow the mind map	You need to speak loudly
Part 2	General feedback supplied by the other groups:		
	Strength: Clear presentation and schema, visual, good colours and appropriate connection and well prepared. Point to improve: The size of components does not correspond to their importance, closing ideas, leave the slide for the evaluation add numbers 1,2,3...and volume of the speech.		

Figure 3. Structure of the feedback supplied within one week after the presentation.

After finishing these activities, a questionnaire was handed out to the participants in order to obtain their feedback on this methodology. Eighteen out of twenty-five students answered the questionnaire. **Table 1** presents the results.

Table 1. Students' feedback from the CM activities.

Questions	Mark
Making CM is useful for understanding the concepts of the course or articles related to the topic of the course (Q1)	3.2 ± 0.7
Making CM is useful for developing synthesis capabilities (Q2)	3.8 ± 0.4
Making CM in groups is an appropriate strategy (Q3)	3.7 ± 0.6
The CM activity was correctly planned (good timing for preparation and explanation) (Q4)	3.3 ± 0.8
It is interesting to present the CM in front of the class (Q5)	3.5 ± 0.7
I think that choosing randomly one of the members to make the presentation is good for the group dynamic (Q6)	2.8 ± 1.0
It is valuable to participate in the assessment of your peers (Q7)	3.2 ± 0.5
The scale given to you includes all the crucial points to assess (Q8)	3.6 ± 0.5

Note: The marks presented in this table are over a maximum value of 4.

As it is appreciated in **Table 1**, in general there is a positive opinion about the use of CM and the methodology proposed, with a qualification ranging between good (3) and excellent (4).

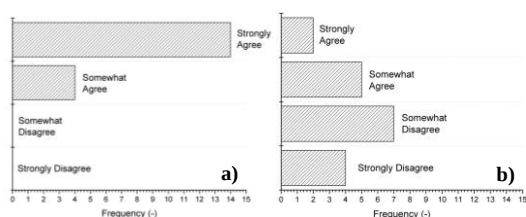


Figure 4. Detailed representation for the data summarized in **Table 1** through a statistical analysis for Q2 (a) and Q6 (b).

Figure 4a highlights that making CM is useful for developing synthesis capabilities. This observation also is clearly presented in **Table 1** in question 3 (Q3). Moreover, it is possible to mention that making CM in groups is a good strategy as each student can highlight different points of view, and thus, a better way to discuss the main concepts related to the topic and course. In short, it can be seen as a good strategy for collaborative learning. However, some weaknesses were detected. In some cases, all the members of the group did not work equally (i.e. there are free riders). Furthermore, sometimes it is difficult to reach a consensus. Students consider that the fact of choosing one member randomly, and in the very last moment, to do the presentation is not the best strategy for the group dynamic. They apparently feel more comfortable knowing beforehand who should perform the oral presentation. It is interesting how they see as not beneficial this common practice used to boost the cooperative learning by drawing attention to the individual responsibility in a working group [11].

It is interesting to point out that students consider this methodology not only useful to develop oral communication and teamwork skills, but also to develop critical thinking and synthesis capabilities. They also mentioned that it had helped them to have a global overview of the subject and that CMs are good tools to summarize and understand the papers. Moreover, they consider that it is positive for them to get involved in the evaluation system (peer assessment), since they became more conscious on what they are doing and learning. Moreover, they affirm to really appreciate the feedback received from their peers.

It should be noted that students prefer to choose their own papers for constructing the CM, since they feel more motivated to get involved in such activity, not only during the preparation of the map but also during the presentation (listening to the same explanation is not 'cool'). Likewise, students mention the need to have more time to work on the CM (due to the overload of task of the rest of the subjects, one week it is not enough for them).

Figure 5a, represents the final marks' comparison, taking into account all the evaluation criteria and players. As it clearly shows, the students' marks are higher than those supplied by the professors. Furthermore, one could infer from the small scatter associated with each point that peers and professors can objectively evaluate the CM activities. As it is clearly observed, a slightly improvement in the teachers marks is appreciated after the first CM, which highlights that feedback supplied to each group between both CMs' activities helps them to improve. In order to get more information about if the methodology presented in this research is appropriate to improve the oral competence, a representation of the oral communication criteria mark

got from peers and professors is presented in **Figure 4b**. It denotes a slightly improvement of the oral communication competence. However, this result may be attributed to two different factors: i) the methodology presented here is suitable to improve this generic competence; and ii) the student randomly chosen to present the CM has good communication skills. In order to shield more light in this sense, it is necessary to apply this methodology more times in order to get statistical significance.

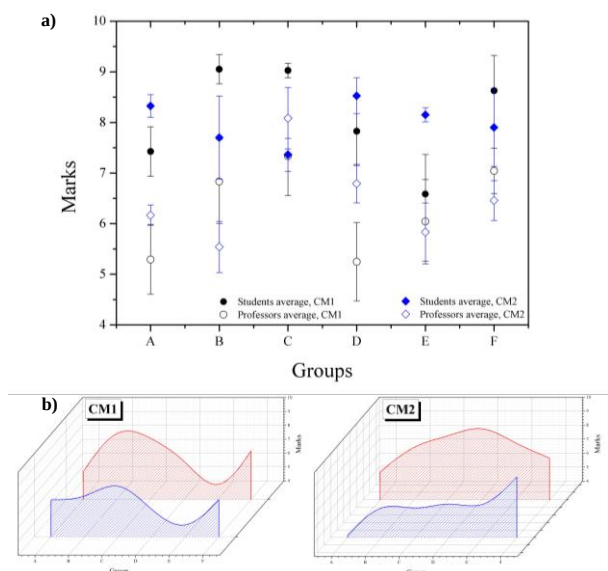


Figure 5. (a) Final marks representation for both CMs activities, and (b) Representation of the oral competency marks' trend.

Finally, from **Figure 5a** and **5b**, it can be clearly observed that the feedback given is a powerful tool to help the students in their personal development.

5.- CONCLUSIONS.

From the analysis of the results obtained in this research related to the methodology presented above, the following conclusions can be drawn: i) concept maps are useful for understanding the topics of the course; ii) presenting the concept map to classmates is useful, as it helps to develop and improve their oral communication skills; iii) choosing randomly the person responsible for the presentation is seen as a good strategy to improve the teamwork competence - it forces all members of the group to be prepared and to fully comprehend the concepts (i.e. to be aware of their individual responsibility in the group); iv) participating in their peers' assessment is considered as a good way to identify their own mistakes and points to improve; and v) the scale provided for the assessment of the activities includes the main criteria to objectively assess concept mapping and their oral communication skills.

5.- ACKNOWLEDGEMENTS

Dr. J.J.Roa would like to thank the Juan de la Cierva Programme for its financial support (Grant no. JCI-2012-14454).

6.- REFERENCES

- [1] Lasnier, F. "Réussir la formation par compétences" Mont-real : Guérin, p. 481, 2000.
- [2] Institut de Ciències de l'Educació, ICE. "Guia per desenvolupar les competències genèriques en el disseny de titulacions". Barcelona : Universitat Politècnica de Catalunya, 2008 (http://www-ice.upc.edu/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/arxius/resum_competencies_eng.pdf, Accessed June 30, 2016.
- [3] C. Social, "Marc per al disseny i la implantació dels plans d'estudis de grau a la UPC. DOCUMENT CG 16/4. 2008-Bing". <https://www.upc.edu/slt/ca/pla-llengues-upc/acords-llengues/marc-per-al-disseny-i-la-implantacio-dels-plans-destudis-de-grau>, Accessed June 27, 2016.
- [4] Martínez, M., Amante, B., and Cadenato, A. (2012) Competency assessment in Engineering courses at the Universitat Politècnica de Catalunya in Spain. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 10, 46-52.
- [5] Martinez, M., Olmedo, N., Amante, B., Farrerons, O., and Cadenato, A. (2014). Analysis of assessment tools used in engineering degree programs. *International Journal of Engineering Education*, 30:6, 1689-1696.
- [6] Novak, J. D. (1990). Concept mapping: A useful tool for science education. *Journal of research in Science Teaching*, 10, 923-949.
- [7] McClure, J. R., Sonak, B., Suen, H.K. (1999) Concept Map assessment of classroom learning: reliability, validity, and logistical practicality. *Journal of Research in Science Teaching*, 36:4, 475-492.
- [8] UPC. Institut de Ciències de l'Educació (2008). L'avaluació en el marc de l'espai europeu d'ensenyament superior. http://www-ice.upc.edu/ca/innovacio-docent/publicacions_ice/arxius/2_avaluacio.pdf, Accessed June 30, 2016.
- [9] Canto del, P., Gallego, I., López J. M., Medina, E., Mochón, F., Mora, J., Reyes, A., Rodríguez, E., Salami, E., Santamaría, E., and Valero, M. (2011). Follow-up and feedback processes in the EHEA. *Journal of Technology and Science Education JOTSE*, 1(1), 12-22.
- [10] Nicol, D. (2007). Principles of good assessment and feedback: Theory and practice. REAP International Online Conference on Assessment Design for Learner Responsibility, 2007. Retrieved from, https://www.york.ac.uk/media/staffhome/learningandteaching/documents/keyfactors/Principles_of_good_assessment_and_feedback.pdf
- [11] Boud, D. and Associates (2010). Assessment 2020: Seven propositions for assessment reform in higher education [online]. Sydney: Australian Learning and Teaching Council. http://www.iml.uts.edu.au/assessment/futures/Assessment-2020_propositions_final.pdf, Accessed June 29, 2016.
- [12] Johnson, D. W, Roger, Johnson, T. y Smith K. A. (1991). *Active Learning: Cooperation in the College Classroom*. Interaction Book Company.

LAS BELLAS ARTES EN LA INGENIERÍA DE MATERIALES (El proyecto de las campanas)

M. Segarra, E. Xuriguera, M. Martínez, A.I. Fernández

Grupo Consolidado de Innovación Docente en estructura, propiedades y procesamiento de materiales (GIDC e-ppm), Departamento de Ciencia Materiales y Química Física, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès, 1, 08028-Barcelona (Spain), m.segarra@ub.edu

Resumen: Los materiales no se estudian únicamente en el grado de Ingeniería de Materiales. Los podemos encontrar en otras ramas del conocimiento, aunque sólo se utilicen algunas de sus propiedades o bien se estudien desde otra perspectiva. La Universitat de Barcelona es una universidad generalista, con cinco campus en la ciudad, alrededor de 65000 estudiantes y con más de 50 departamentos especializados en diferentes áreas del conocimiento, a menudo con escaso conocimiento de las actividades desarrolladas por los demás. Esta falta de contacto entre las áreas puede salvarse por la proximidad de las facultades (en el mismo campus) llegando a desarrollar actividades interdisciplinarias que mejoran las habilidades de aprendizaje de los estudiantes. La actividad que se presenta permite a los estudiantes poner en práctica los conocimientos presentados en distintas asignaturas previas del grado así como algunas de las técnicas discutidas en clase, además de correlacionar sus estudios con diferentes disciplinas.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos, interdisciplinariedad, interuniversitario.

1. INTRODUCCIÓN.

El espacio EEES tiene entre sus objetivos: aumentar la motivación de los estudiantes, desarrollar la creatividad, uso adecuado del tiempo de dedicación del alumno (ECTS), facilitar la comprensión de los conceptos teóricos, potenciar las competencias transversales (grupos de trabajo, pensamiento crítico...), herramientas de evaluación de competencias. Pero ¿cómo?

La implementación ABP en asignaturas de Ciencia de Materiales en el marco de la red IdM@ti ha llevado a un refuerzo positivo en las calificaciones obtenidas por los estudiantes [1].

Por otro lado, el Barcelona Knowledge Campus, BKC [2], sirve de marco para la colaboración estratégica, con áreas de especialización en ciencias de la vida, ciencias sociales y tecnologías (Facultades de Ciencias, Bellas Artes y escuelas de Ingeniería y Arquitectura).

En esta actividad han participado miembros del Departamento de Ciencia de Materiales y Química Física (Facultad de Química, UB), del Departamento de Escultura (Facultad de Bellas Artes, UB) y del Departamento de Física Aplicada (Escuela de Edificación de Barcelona, UPC).

2. OBJETIVOS.

Una de las asignaturas obligatorias de tercer año del Grado de Ingeniería de Materiales en la Universitat de Barcelona es "Laboratorio de Materiales". En ella, los estudiantes trabajan en grupos de 4 o 5 alumnos mediante la metodología de aprendizaje basado en proyectos (ABP). Cada grupo deberá hacer frente a un problema específico relacionado con algún material para una aplicación determinada. Un ejemplo de estos

trabajos es la determinación de la composición ideal de un bronce de estaño para la fabricación de campanas.

El objetivo de la actividad era que los alumnos programaran el trabajo necesario para resolver el problema planteado y que llevaran a cabo todas las tareas: producción y caracterización de aleaciones, fabricación de campanas y caracterización de su sonido. Los conocimientos previos aportados por asignaturas del grado (Metalúrgica física, Obtención y procesamiento de materiales, Metales y aleaciones, Materialografía) podían ser aplicados de forma experimental durante toda la actividad.

3. METODOLOGÍA.

Planteamiento del problema

“El Catedrático de Arte Sonoro de la Facultad de Bellas Artes de la Universitat de Barcelona, nos ha pedido que le aconsejemos sobre cuál es el mejor material para fabricar una campana. Quieren participar en un concierto, que se realizará en el Paraninfo de la UB, sobre una adaptación para esculturas sonoras de una pieza plurifocal de campanas, de Llorenç Barber el próximo mes de Noviembre. Necesitan 4 campanas para que los estudiantes del Máster de Arte Sonoro puedan participar en el concierto del Paraninfo”.

Plan de trabajo

Los estudiantes plantean, bajo el seguimiento de un profesor-tutor, el desarrollo del proyecto incluyendo un posible cronograma (que va ajustándose a medida que se desarrolla la actividad). En la ejecución del trabajo debe tenerse en cuenta la coordinación con otros grupos de la misma asignatura en cuanto a la ocupación de

espacios de trabajo, la utilización de equipamientos y los desplazamientos a otros departamentos.

En primer lugar, recopilaron una documentación exhaustiva sobre las aleaciones más usuales para la fabricación de campanas. Para ello hicieron uso del software CES-Edupack [3]. Después de seleccionar tres aleaciones, los estudiantes las obtuvieron en el laboratorio del Departamento de Ciencia de Materiales y Química Física, y caracterizaron su microestructura con las técnicas habituales de caracterización metalográfica. Además, fabricaron varios moldes para campanas con distintas formas, en los que vertieron las aleaciones fundidas obtenidas previamente, en el taller del Departamento de Escultura de la Facultad de Bellas Artes, con la supervisión de los profesores de ese departamento. Después, se realizó la caracterización acústica de las campanas en el Departamento de Física Aplicada de la Escuela de Edificación de Barcelona de la Universitat Politècnica de Catalunya.

Finalmente, los estudiantes debían redactar un informe completo y presentar los resultados ante un tribunal constituido por profesores del grado.

4.- DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD.

Se seleccionaron tres composiciones de bronce (10% Sn, 18% Sn, 25% Sn).

En la Figura 1 se presentan las imágenes con el proceso de obtención de las aleaciones.

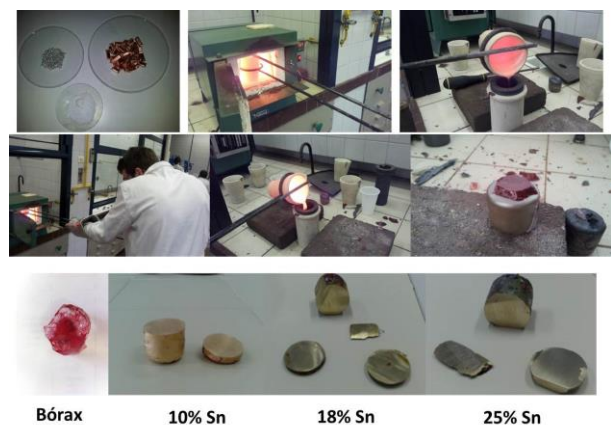


Figura 1. Proceso de obtención de las aleaciones.

Una vez obtenidas, procedieron a caracterizar la composición de las aleaciones, analizar su microestructura, caracterizar su módulo de Young (ya que el sonido que emiten depende de esta propiedad y de la densidad) y su dureza (Figura 2).

La composición de las aleaciones fue realizada mediante análisis por espectroscopía de dispersión de energías (EDS) en un microscopio electrónico de barrido y por fluorescencia de rayos-X. Después se procedió a determinar su microestructura mediante las técnicas metalográficas de desbaste, pulido, ataque metalográfico y observación microscópica. Por otro lado, determinaron su densidad por el método de

Arquímedes, el módulo de Young por ultrasonidos y la dureza mediante un durómetro.

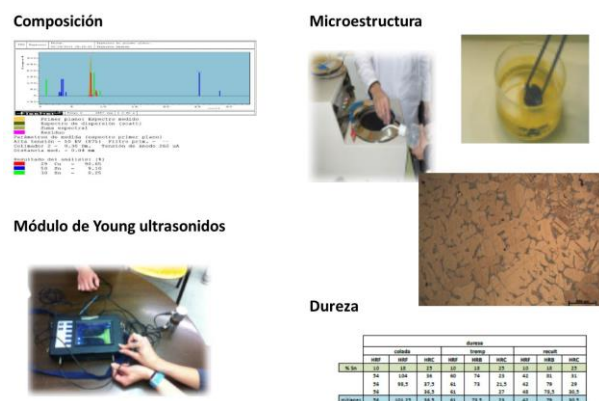


Figura 2. Caracterización de las aleaciones obtenidas.

La preparación de las campanas se realizó por el método de colada a la cera perdida (Figura 3). Los estudiantes prepararon los moldes sobre los que los encargados del taller del Departamento vertieron las aleaciones una vez fundidas. Tras enfriarlas, procedieron a desmoldear las campanas y desbastar las rebabas.



Figura 3. Proceso de obtención de una campana.

Finalmente, midieron experimentalmente el sonido que emitían al ser golpeadas por un martillo de goma, registrándolo con un micrófono y analizando la evolución de las frecuencias de vibración con un programa adecuado.

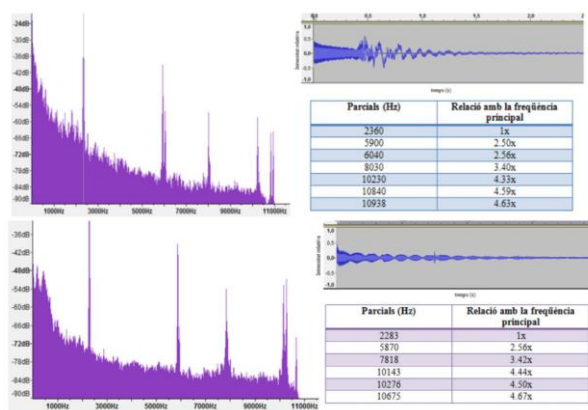


Figura 4. Caracterización de las propiedades acústicas.

5.- EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD.

Al finalizar la actividad, los estudiantes debían redactar un informe completo y presentar y discutir los resultados ante un tribunal constituido por profesores del grado.

Con esta actividad se pretendía evaluar distintas competencias como son: la organización del tiempo de trabajo, el trabajo en grupo, el pensamiento crítico, la actitud responsable y finalmente, la comunicación oral.

Los profesores implicados evaluaron positivamente los siguientes aspectos: la interrelación de diferentes disciplinas con el nexo común de la ciencia y la ingeniería de materiales, el uso de diversas y variadas instalaciones y, sobre todo, la mejora de competencias.

Sin embargo, detectaron que esta actividad conlleva una gran dedicación y coordinación para los docentes, con problemas logísticos y de organización, ya que el tiempo planificado para la realización de la actividad era limitado.

Como resultado de esta interdisciplinariedad, en cuarto curso se oferta la asignatura optativa Modelos, Maquetas y Prototipos impartida por el Departamento de Artes Visuales y Diseño.

6.- CONCLUSIONES.

Los resultados muestran que los estudiantes no sólo pueden poner en práctica algunas de las técnicas discutidas en clase, sino también pueden correlacionar sus estudios con diferentes disciplinas.

La experiencia ha sido muy satisfactoria tanto para los estudiantes como para los profesores implicados.

9.- REFERENCIAS

[1] Moliner, M.L., Guraya, T., Lopez-Crespo, P., Royo, M., Gamez-Perez, J, Segarra, M., Cabedo, L., Acquisition of transversal skills through PBL: a study of the perceptions of the students and teachers in materials science courses in engineering, Mult. J. Edu. Soc & Tec. Sci., 2 (2) (2015) 121-138.

[2] Campus de Excelencia Internacional Barcelona Knowledge Campus, www.bkc.upc.ub.edu, consultada 4/12/2016.

[3] CES Edupack, 2014, Granta Design Ltd., Cambridge (UK).

TOCA-TOCA: EJEMPLOS SENCILLOS PARA CONCEPTOS COMPLEJOS EN ASIGNATURAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE MATERIALES

Jose Gamez-Perez^{1,3}, Nuria Salán^{2,3}

¹ Dep. Ingeniería de Sistemas Industriales y Diseño (ESID), Universidad Jaume I, Castellon, España.

² Dep. Ciencia de Materiales e Ing. Metalúrgica, Universitat Politècnica de Catalunya, Barcelona, España.

³ IdM@tI: Red Interuniversitaria de Innovación Docente en Ciencia de Materiales (www.idmati.net).

Resumen:

En las asignaturas de tipo “Fundamentos de Ciencia de los Materiales” es habitual encontrar que la propuesta de temario es muy extensa y que en ella se introducen un gran número de conceptos, que van desde las bases físico-químicas de la estructura de la materia, hasta el comportamiento macroscópico de la misma, como son los fenómenos de fractura y fallo por corrosión.

Es una situación común que el estudiantado considere esta diversidad de contenidos como un problema, atendiendo a la dificultad para asimilar tal cantidad de conceptos, a menudo sin vínculos concretos y reales que permitan afianzar los modelos y asimilar los contenidos con coherencia. La consecuencia general de este fenómeno, es que la asignatura de materiales se pueda percibir como dificultosa y/o aburrida, a lo que se asociaría una baja tasa de superación.

En este trabajo se presenta una colección de recursos demostrativos, para su uso y aplicación en las aulas, que faciliten e ilustren algunos conceptos, habituales en asignaturas básicas de materiales. Estos ejemplos tienen la particularidad de ser “próximos”, con objetos cotidianos o no excesivamente “exclusivos”, de modo que el alumnado puede interactuar con ellos y “tocarlos”, llevando la experiencia sensorial a otros sentidos, además de la vista y el oído, para que permanezcan en la memoria el tiempo suficiente hasta que se puedan vincular con otro concepto o ejemplo.

Palabras clave: Experimentación en aula, recursos docentes, interacción, toca-toca....

1.-INTRODUCCIÓN.

La asignatura de Fundamento de Ciencia de los Materiales (o cualquier otra asignatura de nombre similar y contenido equivalentes) se imparte generalmente en los primeros años de titulación de los Grados en Ingeniería y tiene una gran relevancia en el ámbito de las ingenierías, ya que, en última instancia, cualquier diseño o estructura que se proyecte o cualquier objeto o componente que se fabrique, ha de realizarse empleando uno o varios materiales que estarán condicionados por la geometría, función y condiciones de utilización del producto. Es por ello que se considera una asignatura básica en todas las titulaciones de ingeniería.

No obstante, los contenidos que se imparten en una asignatura de este tipo tienen un elevado carácter transversal, ya que la relación entre estructura y propiedades implica necesariamente haber asumido unos mínimos conocimientos de física (mecánica, termodinámica, óptica, electricidad...) como también de química (enlaces, fuerzas de interacción, conceptos de cinética, cristalografía, reacciones químicas, etc.). A menudo, se da la circunstancia de que todos estos conceptos se trabajan por vez primera en el aula al cursar la asignatura básica de Materiales, lo que significa que el tiempo prorrateado que se le dedica a explicarlos es escaso y una parte del alumnado se pierde ante la incapacidad de seguir la explicación.

Algunas estrategias que se han probado históricamente, pasan por: complementar la teoría con prácticas de laboratorio, o bien por proporcionar numerosas referencias bibliográficas, compartir las transparencias

de la asignatura (apuntes fotocopiados o disponibles en plataformas de aula virtual). En algunos casos, se ha estudiado el efecto de la utilización de vídeos con contenidos explicados por el profesorado¹, o con contenidos prácticos de laboratorio [1,2] o bien de pequeñas “píldoras” de contenido audiovisual en un formato más o menos informal utilizando canales habituales y conocidos de vídeos online [3,4].

En la actualidad, la virtualización de la docencia, con el auge de Internet y los cursos a distancia, algunos de ellos incluso gratuitos, como los MOOCs, y la accesibilidad a la información escrita (libros, videos, etc.) nos plantea a los docentes preguntarnos cuál es el sentido de que los alumnos vengan a las clases, si no es para aportar algo diferente de lo que puedan conseguir un curso a distancia. El paradigma de la Universidad como fuente de información ha cambiado [5], para convertirse en lugares de formación.

En este sentido vemos muy positiva la introducción en el aula de pequeños experimentos que permitan a los alumnos interactuar manualmente con objetos que sirven de ejemplo para la asimilación de conceptos complejos (Fig.1). Estos ejemplos, generalmente vienen acompañados de una cierta “sorpresa”, lo que redundaría en que se facilite la acción de la memoria a medio y largo plazo. Si además se introducen en momentos en los que la atención del alumnado tiende a descender (a los 30 minutos, aproximadamente) se pueden conseguir varios objetivos simultáneos que redunden en la acción docente [6,7].

¹ <https://media.upv.es/#/catalog>



Figura 1. Esquema de la complementariedad perceptual en la asimilación de conocimientos.

2. EJEMPLOS PRÁCTICOS.

Se presentan a continuación algunos ejemplos a modo de colección de recursos demostrativos, para su uso y aplicación en las aulas, ilustren algunos conceptos, habituales en asignaturas básicas de materiales, abstractos y difíciles de explicar sólo con palabras.

Principios de metalurgia física:

Enlace metálico, estructura cristalina en metales y deformación plástica.

El enlace metálico y la formación de estructuras cristalinas compactas se pueden mostrar fácilmente empleando esferas magnéticas (Fig. 2). Los siguientes enlaces dirigen a videos explicativos sobre cómo realizar estas estructuras compactas [8,9].



Figura 2. Modelo de enlace metálico y formación de cristales con esferas magnéticas [8].

Con los mismos modelos de esferas magnéticas se puede mostrar la formación de una macra o la deformación plástica en cristales.

Igualmente, impactante suele ser la visualización de la estructura cristalina, empleando lingotes de bismuto (Fig. 3) o de cinc, estos últimos con un ligero tratamiento de pulido y ataque ácido.

Procesado de materiales (extrusión, moldeo, etc.)

Los procesos de transformación más comunes en materiales tienen un “equivalente” más sencillo en tareas de cocina, como por ejemplo la extrusión con su equivalente, la manga pastelera, o el proceso de colada empleado para realizar cubitos de hielo o bombones.

En cualquier caso, si se acompaña la introducción teórica con una explicación que se puede relacionar con una experiencia que los alumnos puedan realizar en sus propios hogares, se refuerza el efecto sorpresa y sacar la asignatura del aula, lo que aumenta la motivación general por la asignatura.

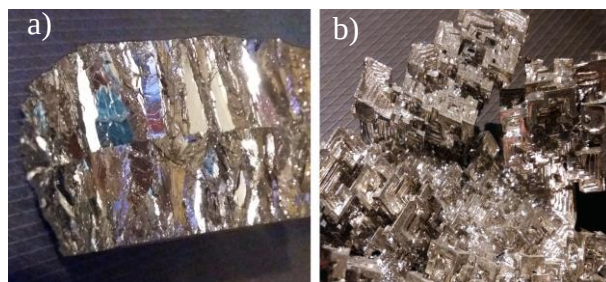


Figura 3. Muestras de lingotes de bismuto fracturado (a) y recristalizado (b), donde se puede observar la estructura policristalina del metal.

Efecto de la orientación en las propiedades mecánicas.

El concepto de la orientación inducida y de la anisotropía no suele verse antes de encarar la asignatura de Ciencia de los Materiales, ya que casi siempre se asume materiales isotropos. No obstante, mostrando porciones de folios de papel de dimensiones similares, pero cortados en forma rectangular con diferente orientación de la celulosa, se puede comprobar que se comportan diferentemente cuando se sostienen horizontalmente desde un extremo [10]

Cristalización.

El fenómeno de la cristalización implica una serie de condicionantes que suelen suponer un problema conceptual para los alumnos, como que un suceso sea espontáneo (termodinámicamente favorable) pero no sea instantáneo (cinéticamente lento o improbable). Esto lleva a situaciones aparentemente paradójicas como el subenfriamiento de los metales previo a su cristalización. Sin embargo, empleando *pocket warmers* (Fig. 4) se pueden evidenciar estos fenómenos de una manera sencilla de retener en la memoria. Sirve de base para explicar el subenfriamiento, la nucleación heterogénea, el crecimiento cristalino, la exotermicidad en la cristalización y la formación de esferulitas en la cristalización de los polímeros [11].



Figura 4. Un calentador de bolsillo o *pocket warmer* en una secuencia de su funcionamiento, cristalizando una solución sobresaturada de acetato de sodio.

Cambios de fase sólido-sólido

Los cambios de fase que implican un cambio de estado (sólido – líquido, por ejemplo) suelen ser intuitivos para el aula. Sin embargo, los cambios de fase que implican cambio en la estructura cristalina, manteniendo el mismo estado sólido suelen ser menos intuitivas. En este contexto, las aleaciones que exhiben memoria de forma, como el NitinolTM, presentan la oportunidad de comprobar in situ estas transformaciones de fase a temperaturas cercanas a la ambiental y permiten introducir el tema de los cambios de fase con un punto de intriga. Lo único que se necesita llevar al aula es una muestra entrenada y un secador de pelo, o en su ausencia, un mechero.

Física de polímeros

Elementos cotidianos suelen ser también recurrentes para explicar fenómenos o propiedades de materiales poliméricos. Es común emplear símiles: “es como si se tratara de...” pero suele ser más efectivo mostrar el ejemplo para que los alumnos puedan interaccionar con el concepto.

Enmarañamiento y masa molecular

Empleando segmentos de cadenas de bolas, como las que se emplean en cortinillas, se puede visualizar el efecto que tiene la masa molecular en los enmarañamientos (*entanglements*) moleculares y cómo estos afectan a las propiedades físicas del material. Cuando los segmentos son muy pequeños se comportan como un fluido y se pueden trasvasar de un recipiente a otro sin problema. Cuando la longitud es intermedia, de unos 5 cm, el comportamiento sigue siendo fluido, pero tiende a comportarse más como un bloque, con la formación de algunos agregados. Cuando los segmentos son mayores, a partir de 20 cm, ya no es posible estirar uno sólo sin que arrastre a los demás y no es posible hacer que fluya de un recipiente de boca estrecha.



Figura 5. Las cadenas de bolas son un recurso muy adecuado para introducir el concepto de enmarañamientos (*entanglements*) en polímeros.

Temperatura de transición vítrea (T_g)

De nuevo la cocina es una fuente de modelos que replican los fenómenos de la física de polímeros. Al hervir los spaghetti, permitimos que la pasta tenga mayor movilidad, comportándose como polímeros amorfos por encima de su temperatura de transición vítrea. Al enfriarse éstos, el almidón que precipita hace

el rol de fuerzas de Van der Waals haciendo que los spaghetti se comporten como un polímero por debajo de su T_g , esto es, como un sólido. Si en el aula no se puede disponer de un par de tazones con pasta hervida, siempre se puede utilizar un vídeo [12][4.9].

Viscoelasticidad

Los fluidos que exhiben propiedades viscoelásticas notables suelen tener siempre un efecto intrigante en los alumnos, que se preguntan cómo puede eso ser posible. El uso del conocido juguete Silly PuttyTM en el aula genera el doble efecto de explicar el fenómeno de la viscoelasticidad y su relación con propiedades como la termofluencia o *creep*, al tiempo que despierta la atención del alumnado.

Compuestos estructurales

La rigidización que se produce en los compuestos estructurales (paneles tipo sándwich) al aumentar el espaciado entre caras externas se puede visualizar empleando *origamis* estructurales. Doblando en forma de acordeón un folio y colocándolo entre dos hojas, se puede observar in-situ el efecto rigidizador del elemento intermedio. Adicionalmente, se puede animar a los alumnos a que realicen y evalúen estructuras sencillas empleando diferentes parámetros de diseño (número de folios, distancia entre caras, ubicación de la carga y puntos de apoyo) para guiarlos hacia la influencia de la estructura en las propiedades finales de los productos. La Fig. 6 ilustra esta experimentación que puede servir de introducción al cálculo de paneles sándwich.



Figura 6. Utilizando folios y un poco de cinta adhesiva se pueden crear estructuras con alta rigidez específica.

3. DISCUSIÓN Y RESULTADOS.

Los alumnos que cursan asignaturas básicas de Materiales (Ciencia de Materiales, Fundamentos de Ciencia de Materiales, etc.), suelen estar en los primeros cursos de estudios en ingeniería (*freshmen*). Es, pues, habitual, que se sientan a menudo desbordados por un gran número de conceptos matemáticos y técnicos durante el curso, que convierte a aquellas asignaturas que necesitan más tiempo y dedicación en asignaturas “ásperas y aburridas”. Sin embargo, se ha observado que en la mayoría de casos, la percepción de una materia puede cambiar y optimizarse gracias al efecto “toca-toca”, introduciendo ejemplos sencillos que

permitan la interactividad y la experimentación personal “in situ”.

El empleo de estos recursos debe entenderse como una ayuda a la labor docente, aunque es cierto que llevan implícitamente algunos cambios en la definición de la programación de la asignatura y/o en los contenidos docentes universitarios, con el fin de explotar al máximo el efecto que tienen estas experiencias. Valga la reflexión de que si una imagen vale más que mil palabras, y un vídeo vale más que mil imágenes [13], ¿a cuántas palabras equivale un ejemplo que además se puede tocar?

Esta metodología para introducir conceptos puede convertirse en algo habitual en la asignatura, si bien, en ese caso, se requiere un ligero cambio de actitud por parte del profesorado para con el estudiantado, acercándose más desde el punto de vista personal y generando empatía. La creatividad, el humor y, si el temario lo permite, una cierta picardía, son recursos que ayudan a generar un clima de complicidad y que se traducen en una atención instantánea que se puede aprovechar para convertirla en interés por un tema concreto. Cualquier palabra de dos sílabas que contenga una “s” y una “x” pronunciada en voz alta, consigue que todos los alumnos dirijan su atención al docente durante los siguientes diez segundos, al menos.

Otro de los recursos docentes son las tecnologías de información y comunicación (TIC) en las que se ha producido una revolución en los últimos 20 años. El aprendizaje activo es aquel que viene inducido por la docencia activa. Introducir el móvil en el aula, por ejemplo, para la realización de actividades dirigidas es una buena manera de aprovechar estos recursos y estimular la autonomía formativa.

En cuanto a los resultados obtenidos desde el punto de vista de la satisfacción del estudiantado, se ha constatado mediante las encuestas de evaluación que ésta mejora notablemente con la introducción de los experimentos “toca-toca” en el aula. Además, la percepción del profesorado por parte de los alumnos también mejora y esto se traduce después en mayor interés por los temas de investigación relacionados o por una mayor demanda de asignaturas optativas relacionadas con la ciencia y tecnología de los materiales. Igualmente, también se ha comprobado un aumento por parte de los alumnos, del interés en el acceso a máster y doctorado en Ciencia y Tecnología de Materiales.

4.- AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer el apoyo económico para esta acción de innovación educativa al Vicerrectorado de Estudiantes, Ocupación e Innovación Educativa de la Universitat Jaume I de Castellón a través del Proyecto de Innovación Educativa (PIE 3047/15).

5.- REFERENCIAS

- [1] D. Grau, et al. "GREDIQ-RIMA: The Evolution of a Teaching Project of Experimentation in Chemistry", *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 46 858–862, 2012.
- [2] Grau, D. et al. "Producciones digitales para la fase pre-laboratorio de experimentación en química", Séptimo Simp. Iberoam. En Educ. Cibernética E Informática SIECI 2010, Orlando, FL (USA), 2010.
- [3] A. Caspi, et al. "Viewing comprehension: Students' learning preferences and strategies when studying from video", *Instr. Sci.* 33, 2005.
- [4] P. Simo et al. "Video stream and teaching channels: quantitative analysis of the use of low-cost educational videos on the web" *Procedia - Soc. Behav. Sci.* 2, 2010.
- [5] A.V. Sánchez, et al. "Evaluación de competencias genéricas: principios, oportunidades y limitaciones" *Bordón. Rev. Pedagog.* 63, 2014.
- [6] M. Martínez, "Guía para la evaluación de competencias en los laboratorios en el ámbito de ciencias y tecnología", <http://www.aqu.cat>, 2009.
- [7] E. Dale, "Audio-visual methods in teaching", Holt Rinehart and Winston, New York, 1965.
- [8] J. Gamez-Perez, Building a crystal with sphere magnets, <https://youtu.be/yOeL5tCPIVk>, 2016.
- [9] J. Gamez-Perez, "Crystal deformation with sphere magnets", <https://youtu.be/QppGR1syMgA>, 2016.
- [10] M.C. Area, "Panorama de la industria de celulosa y papel en Iberoamérica 2008", Red Iberoamericana de Docencia e Investigación en Celulosa y Papel-Riadicypp, 2008.
- [11] J. Gamez-Perez, "Crystallisation of undercooled fluid". <https://youtu.be/JPBhwieXuVE>, 2016.
- [12] J. Gamez-Perez, "Spaghetti model for Tg in Polymers", <https://youtu.be/SBjnT-Jhvro>, 2016.
- [13] P. Simo et al. "Video stream y canales docentes: Análisis de la utilización de vídeos docentes de bajo coste en la Red", 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XIII Congreso de Ingeniería de Organización, Terrassa, 2009

NORMAS DE PRESENTACION DE LAS ACTAS DEL CONGRESO

A. Pérez¹, M. Martínez¹, J. López²

¹Centro y dirección 1, antper@unizere.es

²Centro y dirección 2

Resumen: En el siguiente texto se presentan las normas para la presentación de los trabajos completos. (*El formato en el que se presenta el presente texto, sirve de orientación a la estructura del trabajo*). El no cumplimiento de estas directrices puede implicar la exclusión del trabajo del libro de Actas del Congreso.

Palabras clave: palabras clave que caractericen el contenido del artículo separadas por comas.

1. EXTENSIÓN.

Se admitirán trabajos completos de hasta 4 páginas (máximo) incluyendo todas las secciones, ajustándose al formato que se indica a continuación. Para su correcto procesamiento, el fichero resultante deberá tener un tamaño menor a 10 MB.

2. FORMATO GENERAL.

Los márgenes serán de 2 cm en todos los casos (superior, inferior, derecha e izquierda). El texto debe ajustarse a 2 columnas (Excepto el Título, Autores y Resumen), con espaciado entre columnas de 1cm. Se utilizará espaciado simple entre líneas de texto dejando una línea en blanco entre párrafos (sin sangrado), así como entre el encabezado de cada apartado y el texto.

Tipo de letra para el texto principal: Times New Roman 10.

3. TÍTULO.

Centrado la parte superior de la primera hoja sin dejar espacio. Letra: Times New Roman 12, mayúsculas y **negrita**.

4.- AUTORES.

El nombre de los autores constará centrado debajo del título, dejando una línea en blanco. Tipo de letra: Times New Roman 11 **negrita cursiva** y en minúsculas. Deberá subrayarse el nombre del autor que defenderá el trabajo en el Congreso y la pertenencia a distintos centros se indicará con un superíndice detrás del nombre.

Tras una línea en blanco, se indicará la filiación de los autores. Debe hacerse constar la dirección de correo electrónico del ponente. La dirección de cada centro, en su caso, se incluirá en una línea diferente. Times New Roman 11.

5.- RESUMEN.

No excederá las 150 palabras en la versión castellano. Se colocará debajo de los autores tras 4 líneas en blanco. El texto principal a doble columna comenzará tras dos líneas en blanco de las palabras clave.

6.- ENCABEZADOS.

Los encabezamientos de los distintos apartados se mecanografiarán en mayúsculas y en negrita y serán numerados correlativamente. Los subencabezados, en su caso, deberán ir en minúsculas y subrayados.

7.- ECUACIONES Y FÓRMULAS.

Se recomienda mecanografiar las fórmulas dejando una línea en blanco antes y después de las mismas y consignando su número de referencia entre paréntesis en el margen derecho.

8.- FIGURAS Y TABLAS.

Las figuras aparecerán insertadas en el lugar del texto que les corresponda.

Como norma general, las tablas y figuras deberán ocupar el ancho de columna, aunque en caso necesario pueden prepararse para abarcar el ancho de hoja. Las figuras, a las que se hará referencia en el texto, aparecerán numeradas correlativamente y con un pie de figura que tendrá la estructura que se muestra en el siguiente ejemplo:

Figura 1. Sección longitudinal del pliegue 2 A. Pliegue en la parte interna del codo. 2,4x.

Las tablas tendrán el mismo tipo de letra que el texto, anteponiendo a cada tabla el número y título correspondiente en la forma que se indica:

Tabla 1. Composición química de los aceros.

9.- REFERENCIAS

Se citarán en el texto con el número correspondiente entre corchetes: [1]. Aparecerán agrupadas en la última sección. Las referencias se numerarán correlativamente en el orden que aparecen en el texto, con la forma siguiente:

[1] Kamdar, M. H., “Embrittlement by Liquid and Solid Metals”, Ed. The Metallurgical Society, 1984.