

UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS DE «ROLE» Y DE SIMULACIÓN
DE ENTORNOS PROFESIONALES REFERIDOS
AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO
Y DE LOS MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

RED DE INNOVACIÓN DOCENTE: UTILIZACIÓN DE TÉCNICAS
DE «ROLE» Y DE SIMULACIÓN DE ENTORNOS PROFESIONALES
REFERIDOS AL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA ELÉCTRICO
Y DE LOS MERCADOS DE ENERGÍA ELÉCTRICA

José CARPIO IBÁÑEZ; Gumersindo QUEIJO GARCÍA; Rafael GUIRADO TORRES;
Manuel VALCÁRCEL FONTAO; Pascual SIMÓN COMÍN;
María GARCÍA LORENZO; Rubén CHACÓN BELTRÁN;
Quintina MARTÍN-MORENO CERRILLO; M.^a Dolores FERNÁNDEZ PÉREZ;
Angel SANTAMARÍA MARTÍN; Natividad ACERO MARÍN*

Resumen

La implantación del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES) nos ofrece una excelente oportunidad para discutir e investigar sobre nuestra labor docente. También nos permite el análisis de nuevos modelos metodológicos basados en competencias aplicados a la formación de los futuros ingenieros. Actualmente en el mundo profesional a los ingenieros recién titulados no se les pide sólo que tengan unos sólidos conocimientos teóricos y prácticos, sino que además se espera que tengan una serie de habilidades y destrezas que les permitan aplicar esos conocimientos (esto es, que sepan organizar, analizar, planificar y hacer funcionar instalaciones industriales y los equipos que hay en ellos), junto a un conjunto de actitudes y valores que apliquen en su trabajo y que les permitan conformar su desarrollo profesional (esto es, responsabilidad, iniciativa, autonomía, liderazgo, trabajo en equipo, etc.). Estos tres conceptos (conocimientos, destrezas y habilidades, y actitudes) son los que definen una competencia.

* María García Lorenzo y Rubén Chacón Beltrán pertenecen al Departamento de Filologías Extranjeras y sus Lingüísticas de la Facultad de Filología; Quintina Martín-Moreno Cerrillo y M.^a Dolores Fernández Pérez, al Departamento de Didáctica, Organización Escolar y DD. EE. de la Facultad de Educación; Angel Santamaría Martín es profesor-tutor del DIEEC en el C. A. de Madrid, y Natividad Acero Marín es profesora-tutora del DIEEC en el C. A. de Jaén. Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control (DIEEC). E.T.S. de Ingenieros Industriales. UNED (Universidad Nacional de Educación a Distancia). Madrid (España). E-mail del coordinador: jcarpio@ieec.uned.es

En este artículo se presenta y resume el trabajo realizado por un amplio grupo de profesores de la UNED, de diferentes áreas (ingeniería, pedagogía y filología), en la investigación de la aplicación de las técnicas de «role» y de simulación de entornos profesionales reales a los sistemas de energía eléctrica y al mercado de electricidad, como sistema de formación de los futuros ingenieros dentro del EEES. Se presenta también la experiencia llevada a cabo con un grupo de estudiantes y las principales conclusiones a las que se ha llegado.

Palabras clave: Mercado de electricidad, Simulación, Formación en competencias

Abstract

The implementation of the European Higher Education Area offers us an excellent opportunity for discussing university teaching. It also enables the examination of new competence-based methodological models applied to the teaching of engineering. In the professional world nowadays, graduate engineers are not only required to have solid theoretical and experimental knowledge, since they are expected to show the necessary skills and abilities concerning the procedures involved in the practice of such knowledge (i.e., how to analyze, devise and operate systems). Their projects, moreover, are expected to benefit from some specific attitudes that may contribute to the development of their engineering careers (i.e., responsibility, initiative, self-reliance, leadership, teamwork, etc.). The concurrence of those three assets—knowledge, skills and abilities, and attitudes— defines a competence.

This paper presents the work of a large group of university instructors of UNED from disparate branches of knowledge—engineering, pedagogy and philology—that investigate the use of role-playing and simulation of professional environments related to the power systems and the electricity market. This specific application has enabled us to address a set of general questions concerning the training of future engineers in the context of the European Higher Education Area.

Key Words: Electricity market, System simulation, Competence-based education.

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La titulación técnica que tiene en España el mayor número de estudiantes es la de Ingeniero Industrial. Se trata de una titulación superior de ingeniería cuyos estudios abordan los aspectos de la ingeniería relacionados con la actividad industrial, especialmente los relativos a la mecánica, los procesos térmicos, la electricidad, la electrónica y el control. Se trata de una titulación con una amplia aceptación social (las notas de ingreso de los estudiantes que empiezan estos estudios están muy por encima de la media) y con una clara demanda laboral (el paro es prácticamente nulo). Una de las especialidades que se pueden estudiar en esta titulación es la de Ingeniería Eléctrica.

En los últimos años el número de alumnos que cursan Ingeniería Eléctrica está estancado, o disminuye ligeramente, a pesar de que la demanda de titulados en el sector eléctrico e industrial permanece estable. ¿Cuáles son las razones de este desinterés? Esta situación no es particular de España, sino que ocurre también en los demás países de Europa y en los Estados Unidos. Tras analizar las posibles causas y para intentar resolver esta situación, en [1] se propone que desde la universidad se actúe en dos líneas: una, ofrecer programas de formación más flexibles y más cercanos a la industria (incluyendo nuevas áreas como simulación, economía y empresa, medioambiente, etc.); y, dos, realizar una investigación interdisciplinaria, mediante la combinación de los contenidos propios de Ingeniería Eléctrica con las demás áreas de la ingeniería, especialmente electrónica de potencia, control, comunicaciones y mecánica.

Hoy en día ya no son sólo suficientes los conocimientos teóricos y prácticos que el estudiante aprende. Las empresas eléctricas también demandan a los ingenieros que salen de la universidad que tengan una serie de habilidades y destrezas en procedimientos metodológicos que les permitan aplicar esos conocimientos (esto es, que sepan organizar, analizar, planificar y hacer funcionar los sistemas eléctricos y los equipos que hay en ellos), junto a un conjunto de actitudes y valores que apliquen en su trabajo y que les permitan conformar su desarrollo profesional (esto es, responsabilidad, iniciativa, autonomía, liderazgo, trabajo en equipo, etc.), lo que hace imprescindible, además, una implicación personal del Ingeniero en su formación, que debe ser continua en el tiempo (formación continua).

En conclusión, es necesario analizar la formación que ofrecemos desde la universidad a los estudiantes de Ingeniería Eléctrica (y, de una forma más general, a todos los estudiantes de cualquier ingeniería). Algunos de los caminos para conseguir estos objetivos son responder a las expectativas de esos estudiantes y a lo que demanda la industria, replantear la metodología docente que utilizamos e incorporar las nuevas tecnologías a la educación. Y quizá el proceso de Bolonia sea la oportunidad para realizar este cambio.

En 1999 en la ciudad italiana de Bolonia se definió el Espacio Europeo de Educación Superior (EEES), como una respuesta a la demanda y necesidad de adecuar la universidad a la industria y a la realidad social y política de la Unión Europea. El objetivo con el que se creó el EEES era el de facilitar la movilidad de estudiantes y de titulados, al uniformizar las titulaciones, los contenidos y la carga docente. De esta forma, las estructuras universitarias de todos los países de la UE debían transformarse hacia ese objetivo común con el horizonte de que fuese una realidad en el año 2010.

La buena idea inicial y el entusiasmo que despertó Bolonia se ha ido diluyendo poco a poco en las particularidades de cada país. En España la aplicación del proceso de Bolonia se ha plasmado en las leyes de Grado y Posgrado que modifican sustancialmente la Universidad española tal y como la conocemos hasta ahora. Muchos profesores no tenemos muy claro que este cambio finalmente sea realmente bueno (especialmente en los estudios de Ingeniería) pero al menos nos está sirviendo para plantear mejoras en los contenidos y en la metodología docente que utilizamos.

La Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) es la mayor universidad española en cuanto al número de estudiantes matriculados y su modelo educativo, que es completamente a distancia, es bien conocido y está contrastado tanto dentro de España como internacionalmente. La implantación de Internet y de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TICs) aplicadas a la educación supuso para la UNED, en la década de los 90, una necesaria adaptación metodológica que involucró a los equipos docentes más dinámicos a través de la participación en proyectos internacionales de I+D con aplicación en la educación superior [2]. Por estas razones la UNED es quizás una de las universidades españolas que está mejor preparada para el reto que supone la aplicación del proceso de Bolonia.

Dentro del proceso de adaptación al EEES, la UNED convocó en el curso 2006-2007 un proyecto de investigación denominado Redes de Innovación Docente, en el que se presentó y realizó la red de investigación que se describe en este artículo.

Las técnicas de «role» son ampliamente utilizadas en las escuelas de negocios. Esas técnicas de «role» aplicadas a los estudiantes de Ingeniería son un instrumento válido para la formación en competencias ya que permiten un aprendizaje activo del estudiante en esas capacidades (conocimientos, habilidades y destrezas, y actitudes y valores), reproducen un entorno profesional real y constituyen para él una formación individual y en grupo a distancia mediante prácticas en línea. Todos estos aspectos están en sintonía con las directrices formativas dadas por el EEES, lo que en definitiva permitirá a los estudiantes una mejor formación e integración en el mundo profesional de la UE.

Con esta idea un amplio grupo de profesores de la UNED de distintas áreas (ingeniería, pedagogía y filología) hemos realizado un trabajo de investigación utilizando técnicas de «role» y de simulación de un entorno profesional referido a los sistemas eléctricos y al mercado de electricidad [3]. Esta experiencia ha sido realizada con un grupo de estudiantes del último año de carrera de Ingeniero Industrial, especialidad en Ingeniería Eléctrica, en la que utilizando estas técnicas cada

estudiante (o grupo de estudiantes) ha tenido que analizar, decidir y aplicar las mejores estrategias que estime en cada situación para el mejor funcionamiento del sistema (planificación de un sistema eléctrico que incluye un mercado de energía eléctrica) en escenarios reales de competencia/colaboración.

Así, desde el punto de vista de la formación de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica los objetivos que se han perseguido con esta experiencia han sido:

- Creación de un entorno de desarrollo de competencias para el análisis y la toma de decisiones en temas y situaciones técnicas y de negocio completamente similares a las que los estudiantes encontrarán en las empresas del Sector Eléctrico y otras relacionadas con los mercados de energía eléctrica.
- Trabajo cooperativo y en grupo de los estudiantes mediante la creación de unidades de trabajo que representan a los diferentes agentes involucrados en los mercados de energía eléctrica.
- Introducción del uso del inglés técnico propio del sector eléctrico y de sus áreas de negocio, como parte del trabajo que han de realizar los estudiantes.
- Evaluación del esfuerzo y de los resultados de los estudiantes analizando distintas variables de valoración posibles como, por ejemplo, el tiempo de respuesta, la obtención de beneficio, la seguridad técnica del sistema, el análisis crítico de su solución y de las de los demás estudiantes, etc.

Desde nuestro punto de vista como docentes, el objetivo del proyecto ha sido poder investigar e intentar responder a una serie de preguntas que nos planteamos relacionadas con la formación e implantación del EEES en el modelo de la UNED:

- ¿Cómo aplicar los conocimientos teóricos y prácticos dados a los estudiantes relativos al funcionamiento de los sistemas eléctricos y de los mercados de energía eléctrica, de forma que se reproduzcan situaciones reales en las que los estudiantes deban planificar, analizar y resolver distintos casos?
- ¿Cómo compaginar el trabajo individual del estudiante con el trabajo en equipo, con sus compañeros, para desarrollar su responsabilidad e iniciativa en su estudio y trabajo?
- ¿Cómo diseñar un entorno que reproduzca lo más fielmente posible los escenarios reales pero que a la vez ofrezca distintos niveles de ayuda al estudiante en su proceso de aprendizaje?

- ¿Cómo evaluar el trabajo y el esfuerzo del estudiante?
- ¿Cómo evaluar el esfuerzo y el trabajo que hemos de realizar los equipos docentes y la propia institución (desde el departamento hasta la propia universidad)?

2. DISEÑO DEL TRABAJO REALIZADO

El Mercado de Electricidad español se puede explicar, en líneas generales, como un mercado desregulado de libre competencia en el que se realiza una casación entre las ofertas de venta de energía eléctrica, realizadas por las empresas productoras, y las ofertas de compra, presentadas por los consumidores y las empresas comercializadoras (figura 1). Se realizan distintas casaciones según el horizonte temporal de las mismas, aunque la principal es la diaria.

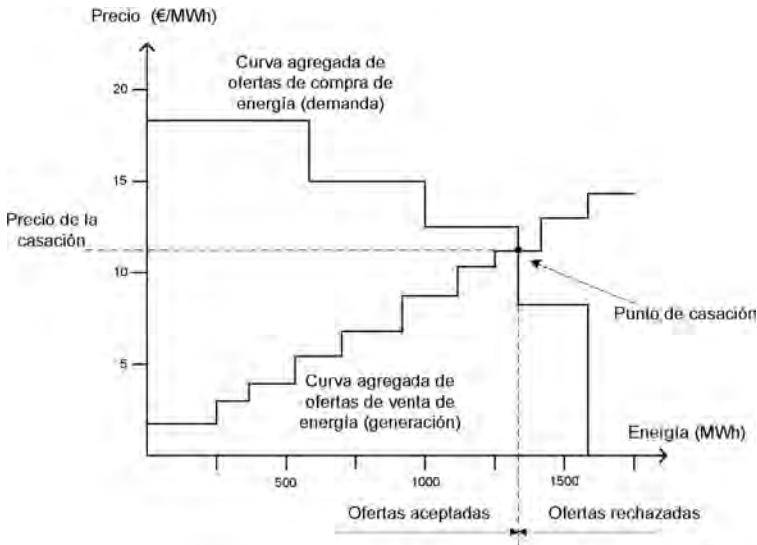


Figura 1.

En este mercado hay dos figuras de control del proceso: el Operador del Mercado (OM) responsable de las actividades económicas y de competencia y que realiza las liquidaciones a los agentes, y el Operador del Sistema (OS) que vigila la factibilidad técnica de la casación realizada en cada momento garantizando el funcionamiento del sistema eléctrico en régimen normal y seguro.

En la experiencia que hemos realizado, los diferentes agentes del mercado (sólo productores) se forman con los estudiantes que participan en la experiencia. Las figuras del Operador del Mercado y del Operador del Sistema corresponderán al equipo docente de la asignatura. La recepción de ofertas de compra y venta de energía por los agentes, la realización de la casación con todas ellas y las correspondientes liquidaciones posteriores (que realiza el SIOM) se realizan mediante el simulador. La comunicación con el simulador y entre todos los participantes es a través de Internet (los alumnos que han participado viven en diferentes ciudades españolas), tal y como se representa en la figura 2.

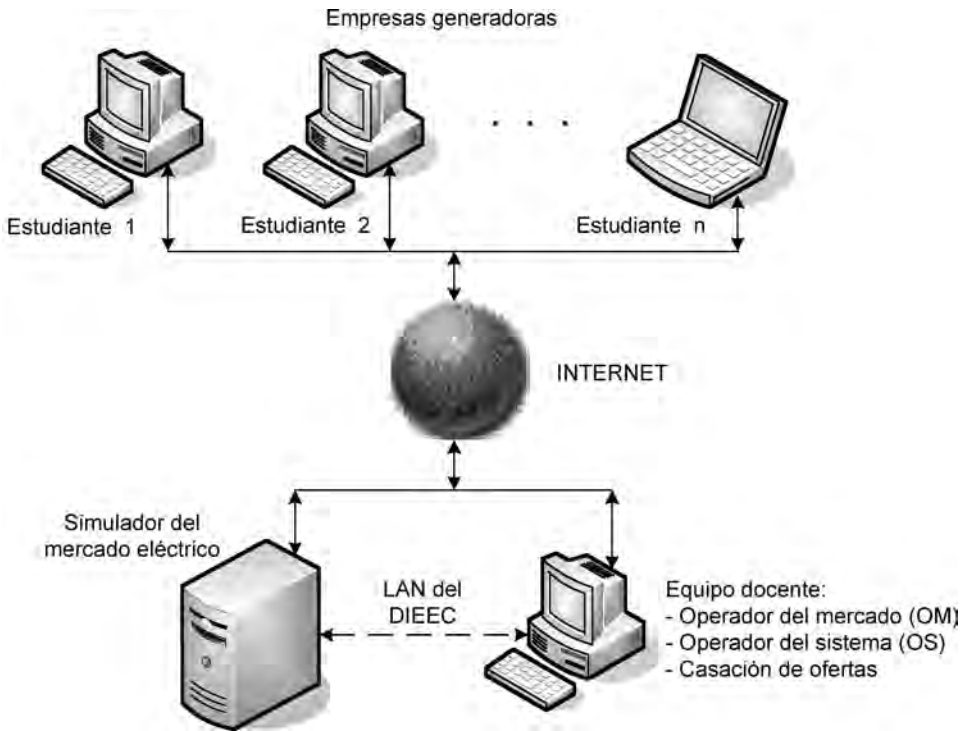


Figura 1.

El simulador reproduce con bastante exactitud el interfaz utilizado en el sistema informático real que se utiliza en el Mercado Eléctrico Español. Este simulador es un programa informático que ha sido desarrollado en el Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Control de la UNED por varios de los autores. Se encuentra instalado en un servidor del Departamento y está realizado en lenguaje C++, MS Visual Basic y MS Access.

El objetivo de cada equipo de estudiantes (empresas generadoras o productores) era gestionar de forma óptima el grupo de centrales que tienen para obtener el máximo beneficio económico, teniendo en cuenta todas las restricciones de funcionamiento de esas centrales.

La experiencia con los alumnos se realizó en tres etapas:

- I. **Selección de estudiantes y entrenamiento con el sistema.** El primer paso fue la presentación del experimento a los estudiantes de la asignatura seleccionada y, una vez realizada la selección de los estudiantes, se realizó un breve entrenamiento de una semana para que conociesen la aplicación informática y la forma en la que iban a trabajar con ella durante la etapa de juego.
- II. **Juego.** Para el periodo de tiempo de juego (una semana laborable, de lunes a viernes, a final de junio de 2007) cada equipo de estudiantes (productores) deberán decidir una estrategia diaria para conseguir sus objetivos (técnicos y económicos). Cada día tenían que realizar sus ofertas de energía que eran casadas en el mercado. Para ello debían tener en cuenta los resultados de los días anteriores (ofertas aceptadas y no, y a qué precios), así como las nuevas condiciones de funcionamiento no previstas que han permitido simular las incertidumbres del sistema (desviación de la previsión de energía demandada, fallos en las centrales, desviaciones en las cantidades de combustible disponibles, etc.). De esta forma debían reajustar su planificación inicial al realizar las nuevas ofertas del día.
- III. **Evaluación por los estudiantes.** Una vez finalizado el juego, se dio a conocer a todos los estudiantes el resultado completo de juego: los datos de partida de todos y cada uno de los equipos así como el resultado obtenido por cada uno (ofertas realizadas, beneficios obtenidos, cumplimientos de objetivos, etc.). Con todos estos datos debían realizar un informe en el que han evaluado, de forma crítica y razonada, tanto su actuación como la de los demás equipos.

3. RESULTADOS

La experiencia se realizó con estudiantes de las asignaturas «Planificación y operación de sistemas eléctricos» (de la titulación de Ingenieros Industrial-Plan

nuevo) y «Líneas y redes eléctricas» (del plan de seis años a extinguir de la misma titulación). Después de presentar el proyecto a los estudiantes de estas asignaturas, se presentaron y seleccionaron ocho voluntarios para participar en él (etapa I). Después de analizar este bajo interés en participar en esta experiencia por parte de los estudiantes, se concluyó que era debido principalmente a dos motivos: uno, la falta de incentivo suficiente en cuanto a «la utilidad final» de su participación (es decir, su influencia en la nota) ya que la respuesta dada en el sentido de que «la participación no influiría en la nota, sino que sería reconocida mediante 2 créditos de libre configuración» (tal y como se estableció por parte del Vicerrectorado en la convocatoria de las redes de investigación) parecía en principio no animar mucho al esfuerzo que suponía esta nueva experiencia; y dos, la falta de tiempo debida a que a finales de junio muchos de ellos debían realizar las prácticas presenciales de laboratorio de otras asignaturas.

El juego (etapa II) se realizó en la semana del lunes 25 al viernes 29 de junio de 2007. Se crean cuatro equipos, o empresas generadoras, de dos estudiantes cada uno. Los dos estudiantes de cada equipo habían de colaborar y trabajar juntos a través de Internet (ya que viven en ciudades distintas) durante cinco días consecutivos, para planificar y gestionar de la mejor forma posible las cuatro centrales eléctricas que tienen asignadas con el objetivo de obtener el mayor beneficio económico respetando las restricciones técnicas de funcionamiento y de reservas de combustible de cada una de ellas.

El resultado de aprendizaje del juego (etapa III) se evalúa a partir del trabajo realizado por cada alumno y del informe final que elabora. Para medir el esfuerzo y el tiempo dedicado al proyecto por cada alumno, se les pasa un pequeño cuestionario diseñado para este proyecto basado en el cuestionario DIPROVATIES [4], realizado en otro proyecto de red de investigación de esta misma convocatoria de redes de innovación docente en el que también han participado tres de los profesores del equipo investigador de esta red. Además, también se habla personalmente con algunos de estudiantes participantes.

El criterio que los profesores de la asignatura han utilizado para valorar el resultado obtenido por cada estudiante no ha sido exclusivamente el obtener el mayor beneficio económico con sus centrales, ya que esto no sería justo debido a que los cuatro equipos tenían centrales con características distintas. Por este motivo se ha considerado la calidad y las conclusiones del informe final realizado por cada alumno en el que ha justificado su gestión de las centrales asignadas y ha analizado su trabajo y el de los demás equipos.

4. CONCLUSIONES

Contando con la opinión de todos los participantes en la experiencia (profesores y estudiantes) las principales conclusiones a las que se han llegado en esta red de investigación se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Ha sido una experiencia altamente positiva ya que nos ha permitido poner en práctica un entorno colaborativo que reproduce un ambiente profesional real utilizando técnicas de «role» y de simulación.
- Es un sistema educativo basado en competencias (conocimientos, destrezas y habilidades, y actitudes y valores) es muy importante tener una sólida base de conocimientos teóricos. Así, han obtenido un mejor resultado los alumnos que también obtuvieron una mejor calificación en los exámenes tradicionales.
- El trabajo en grupo y a distancia utilizando Internet no supone ninguna dificultad especial, por lo que es totalmente factible.
- La carga de trabajo que cada alumno ha declarado haber dedicado a esta experiencia es muy dispar aunque todos han declarado que ha sido superior a la que en principio suponían que les iba a requerir. Esto demuestra que la percepción por el alumno de la carga de trabajo (no basada sólo en el número de horas de estudio) es muy subjetiva.

Todas estas conclusiones, desarrolladas con más detalle en el informe final de la red, nos permiten confirmar la validez de las técnicas de «role» aplicadas a los estudios universitarios de Ingeniería y se muestran como una técnica idónea para el desarrollo de competencias.

Por último, se ha visto la necesidad de dedicar una especial atención a la estimación por parte de los equipos docentes de la carga de trabajo de los estudiantes. Esta estimación no es sencilla ya que los estudiantes tienen diferentes niveles de conocimientos, prioridades de estudio, intereses, expectativas, experiencia, etc. Otros factores externos influyen en la percepción que los estudiantes tienen del esfuerzo que les requieren sus estudios (situación personal, laboral y familiar, principalmente). Por tanto hay mucho que trabajar y que investigar en este campo de la evaluación del esfuerzo y de la carga de trabajo de los estudiantes, lo que sin duda es una de las bases de la correcta aplicación del EEES. En esta línea también estamos trabajando algunos de los participantes de este proyecto [4].

5. REFERENCIAS

- [1] CHOWDHURY, B. H. (2000). Power Education at the Crossroads. *IEEE Spectrum*, October 2000.
- [2] CASTRO, M. et al. (2001). Examples of Distance Learning Projects in the European Community. *IEEE Trans. on Education*, Vol. 44 No. 4, pp. 406-411. 2001.
- [3] CARPIO, J. et al. (2007). Educational Application of Role-Playing and Simulation of Professional Environments Related to the Power Systems and the Electricity Market. Proceedings of the *Meeting the Growing Demand for Engineers and Their Educators 2010-2020 IEEE Conference*. Munich (Alemania).
- [4] MARTÍN-MORENO, Q. et al. (2007). DIPROVATIES: A Specific On-Line Questionnaire for Evaluation of Student Workload in the European Space of Higher Education. Proceedings of the *EADTU's 20th Anniversary Conference International Courses and Services On-Line Virtual Erasmus and a New Generation of Open Educational Resources for a European and Global Outreach*. Lisboa (Portugal).

