

La formación de doctores en el sector nuclear

E. Mínguez

La formación de doctores es una de las principales prioridades de las mas prestigiosas universidades. Según la declaración de Bolonia, esto permite tener una mayor conexión entre las áreas de formación al más alto nivel y la de investigación. Para ello es necesario orientar la carrera de los jóvenes hacia la realización del tercer ciclo, o doctorado.

El objetivo del doctorado es realizar un trabajo que suponga un avance en el conocimiento, mediante un desarrollo original. La recomendación europea es que esta parte de la formación debe restringirse en su duración y que no sea superior a tres o cuatro años. La nueva ley española sobre el doctorado contempla este aspecto.

Mediante la formación doctoral, las universidades deben suministrar unas capacidades para seguir la carrera investigadora, pero con una proyección hacia la aplicabilidad de los resultados en el sector productivo, y se desea que las tesis se puedan realizar con las empresas, pudiendo así tener un campo de empleo hacia dichas empresas.

En España se debería considerar la creación de una Escuela de Doctorado entre las universidades con enseñanzas de Doctorado en el campo nuclear, junto al Ciemat, y con el apoyo del sector nuclear. Con esta medida se podrían tener jóvenes formados que bien podrían seguir su carrera investigadora o participar en las empresas en proyectos avanzados, necesarios para el futuro nuclear del país.

Doctoral education is a major priority for European universities. In the context of the Bologna Process the importance of doctoral education as the third cycle of higher education and the first stage of a young researcher's career, and thus in linking the European Higher Education and Research Areas, was first highlighted in the 2003 Berlin Report.

The core component of doctoral training is the advancement of knowledge through original research. Considering the need for structured doctoral programmes and the need for transparent supervision and assessment, we note that the normal workload of the third cycle in most countries would correspond to 3-4 years full time. This is spirit of the new Spanish Doctoral Law.

Then, universities should ensure that their doctoral programmes promote interdisciplinary training and the development of transferable skills, thus meeting the needs of the wider employment market. We need to achieve an overall increase in the numbers of doctoral candidates taking up research careers as early stage researchers and also increase the employability as a normal way as it is the case of other advanced countries.

In Spain, universities with doctoral nuclear programmes and the CIEMAT, with the sponsorship of the nuclear sector, a doctoral school in nuclear science and engineering should be created to enhance the research careers of Young students for the future of nuclear activities in Spain.

INTRODUCCIÓN

La actividad formativa en el sector nuclear se concentra fundamentalmente en dos líneas: la puramente académica realizada mediante las enseñanzas de grado y máster en ingeniería y en ciencias básicas, y la formación continua que se realiza por empresas especializadas, o de forma coordinada por las empresas y universidades.

Durante más de una década la Unión Europea se ha sensibilizado por los aspectos formativos en el sec-

tor nuclear, ante la carencia de proyectos de construcción de centrales nucleares en los Estados miembros y ante la falta de planificación en la renovación de recursos humanos en todas sus disciplinas. Para ello, Euratom impulsó los Programas Marco mediante proyectos de investigación y proyectos de educación y entrenamiento basados en la gestión de recursos humanos y en la gestión del conocimiento. En estos proyectos no sólo han estado, y están involucradas las universidades, sino también los



EMILIO MÍNGUEZ

es catedrático de Tecnología Nuclear, vicerrector de Planificación Académica y Doctorado de la Universidad Politécnica de Madrid.

centros de investigación y los usuarios finales (*stakeholders*).

Junto a estos proyectos de investigación, tienen cabida también trabajos de innovación, y actividades de desarrollo e investigación. Sin embargo, la figura del especialista doctor no se contempla como un objetivo en el que las empresas o usuarios finales deberían fijarse para aumentar el nivel científico e innovador de sus trabajos, y con ello la competitividad. Este aspecto que es ampliamente considerado en países cercanos como Francia, Inglaterra y Alemania, sin embargo no es una práctica habitual en muchos otros países.

En este artículo se pretende dar a conocer la actual legislación española sobre las enseñanzas de doctorado y de las escuelas doctorales, cuál es el planteamiento de estas enseñanzas en otros países, y la relación existente entre la Universidad y la Empresa en actividades de investigación, y cómo se podría ampliar esta relación en el sector nuclear español, teniendo en cuenta las diversas actividades que la industria nuclear realiza a nivel internacional.

LA IMPORTANCIA DE LA FORMACIÓN DOCTORAL

El informe de sostenibilidad realizado por el Observatorio de Sostenibilidad Española (OSE) en 2012 identifica una nueva etapa de análisis de la sostenibilidad, fundamentada en una batería sintética de indicadores relevantes, seleccionados a partir de los sistemas de indicadores contemplados en las estrategias europea y

española de Desarrollo Sostenible, la Estrategia de Economía Sostenible, el Plan Nacional de Reformas y la estrategia con visión de futuro *Euro-pa 2020*, así como otros indicadores que el OSE y la comunidad científica consideran esenciales para el análisis y seguimiento de las prioridades estratégicas para el desarrollo sostenible de España.

Resultado de este análisis, se observa que tras la irrupción de la crisis generalizada se está produciendo un leve cambio en el modelo de desarrollo español, aunque no necesariamente por sendas de mayor sostenibilidad. Con una economía estancada, las exportaciones y la industria aparecen ahora como los sectores productivos, además del turismo, que evitan que la economía caiga en recesión. Asistimos a un cambio en la dinámica sociodemográfica que se encamina hacia un ligero declive por la caída de la población, producto de una menor inmigración y una mayor emigración de residentes.

En la Figura 1 se observa que hasta el año 2011 la inversión en I+D procedente del sector público superaba al del sector privado. Con estas inversiones se han podido realizar diversas actividades de investigación en universidades y organismos públicos de investigación, y contratar, mediante subvenciones, a estudiantes para realizar proyectos de investigación, financiar la movilidad de profesores y estudiantes, y las ayudas necesarias para finalizar tesis doctorales. Ante la reciente recesión de ayudas públicas para la I+D, si se quiere mantener el nivel existente de años anteriores y no retornar a porcentajes de hace varios años, será necesario que el sector privado tome la iniciativa e invierta en investigación, lo cual permitirá incrementar el número de investigadores y la competitividad a nivel internacional, permitiendo incorporar a los futuros doctores en sus plantillas. Este aspecto que es general para toda la industria, lo es también para el sector nuclear.

En la reunión de ministros de los Estados miembros en Bergen, en mayo de 2005, se reconoció que debería mejorarse la relación entre la educación superior, la investigación y los empleadores, y que los resultados deberían alinearse.

Acordaron establecer criterios para que la duración de la formación doctoral fuera no superior a tres o cuatro años, con una formación multidisciplinar y con competencias orientadas hacia el desarrollo tecno-

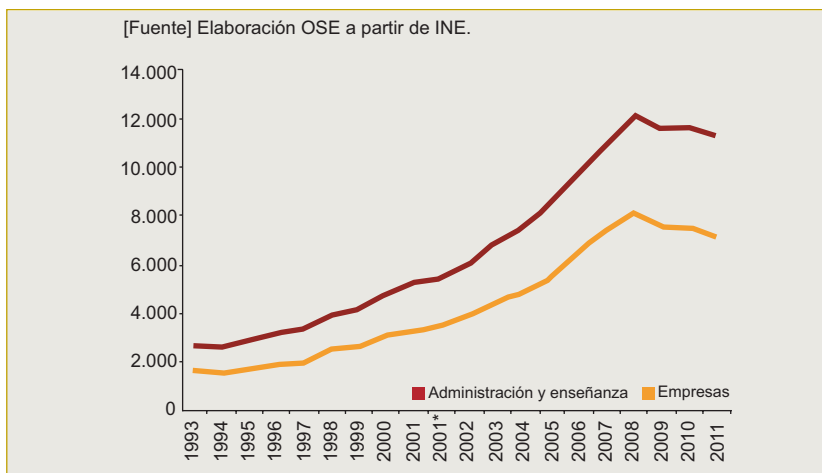


Figura.1 Inversión en I+D de las administraciones y empresas en España en el periodo 1993-2011 (en millones de euros).

lógico y hacia el mundo profesional. Para ello encomendaron a la *European University Association* (EUA) la elaboración de un informe en el que se contemplara de forma prioritaria la relación entre el mundo académico, el científico y empresarial, y la capacidad de empleabilidad de los futuros doctores en los distintos sectores productivos.

El componente central de la formación doctoral es el avance del conocimiento mediante desarrollos originales, o que aporten un avance sobre lo existente. Los estudios de doctorado son la forma más avanzada de educación y especialización en las sociedades actuales modernas. Su propósito consiste en aportar las capacidades y conocimientos científico-técnicos para realizar investigación de alta calidad, y de educar a posgraduados altamente cualificados, con el fin de realizar una tesis doctoral. La formación alcanzada y la metodología seguida permiten al doctorando encaminar su carrera profesional, con capacidades adicionales a la propia educación y entrenamiento, pudiendo aportar al sector productivo una elevada cualificación para abordar problemas de innovación y desarrollo.

La educación doctoral está creciendo en Europa, incrementando el enfoque sobre la innovación, y avanzando hacia la denominada **economía basada en el conocimiento**, permitiendo que los doctorados enfoquen su carrera en actividades profesionales o de investigación, tanto en empresas como en centros de investigación.

En el proyecto DOC-CAREERS auspiciado por la Comisión Europea(Dirección General de Investigación), y realizado por la *European University Association*, participaron 33 universidades, 31 empresas y 18 empleado-

res de diversos países, procedentes de entidades públicas y privadas, se analizó la colaboración en la formación doctoral entre la universidad y el mundo empresarial.

El informe resultante se enfocó en:

- Los objetivos y condiciones para establecer programas de doctorado en colaboración.
- Los motivos, los beneficios y logros de los tres actores: universidad, empresa y el doctorando.
- Encontrar las formas más adecuadas para esta colaboración doctoral.
- El impacto de estas actuaciones percibidos por los empleadores.

Hasta ahora la empleabilidad de los doctores era muy reducida en general, con la excepción de algunos países, por lo que en este análisis se tuvo especial atención a las perspectivas de empleabilidad de los doctores, más allá del ámbito académico. Otro aspecto a destacar es la adquisición de competencias, según los esquemas docentes de las universidades y su traslado a las requeridas por la empresa, de acuerdo con sus perfiles profesionales.

Se observa que el diálogo entre la Industria y la Universidad en lo que se refiere a la investigación, está alcanzando un nivel de madurez tal que permite establecer oportunidades de acción duraderas.

A nivel europeo existen ya varias iniciativas en desarrollo. Destacar las auspiciadas por la Comisión Europea sobre: "*Better Careers and More Mobility: a European Partnership for Researchers*", las acciones denominadas *Marie Curie* y las recomendaciones de la Comisión Europea sobre "*Management of Intellectual Property in Knowledge Transfer Activities and Code of Practice for Universities and Other Public Research Organisations*".

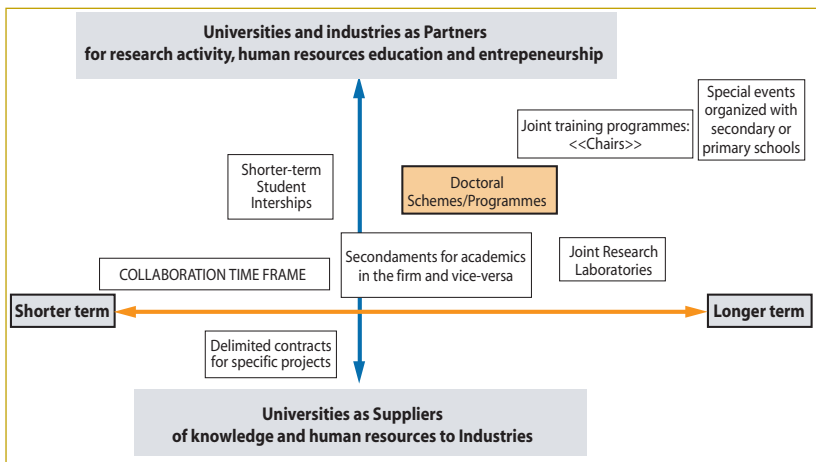


Figura 2. Esquema de colaboración entre Universidad y Empresa en Doctorado

En los casos estudiados en el informe DOC-CAREERS, se observa que el 50 % de los doctorandos acaban empleados fuera de las universidades, generalmente en el sector empresarial, en el sector público y en otros sectores de la educación.

Además de las competencias adquiridas durante el desarrollo de una investigación conducente a la obtención de una tesis doctoral, se obtienen una serie de competencias genéricas que hacen que la empleabilidad de un doctor sea cada vez más atractiva fuera del mundo académico. Entre ellas es posible destacar la capacidad de comunicación, de negociación y de gestión. Además se pueden beneficiar en el mundo profesional de otras capacidades no menos importantes, como son: la adaptabilidad a diversos entornos, entre ellos el internacional, la capacidad para tratar con problemas complejos, y la capacidad para encargarse de trabajos multidisciplinares.

Algunas de las fórmulas que se suelen usar para la colaboración Universidad - Empresa para investigación y doctorado son:

- **Externalización.** En este caso la empresa externaliza un proyecto de investigación o una parte de él. Para ello se busca conocimiento y experiencia que no está disponible en la empresa, y busca una universidad cuya reputación en el perfil del proyecto es relevante.
- **Patrocinio.** Para ello se establece un convenio firmado por las partes, para trabajar conjuntamente en un proyecto. Cada uno aporta diferentes especialistas. La universidad contribuye con el conocimiento científico, y la empresa contribuye finalmente al desarrollo científico-técnico del resultado de investigación, mediante patentes o desarro-

llo de productos innovadores. Las empresas consideran este tipo de relaciones como una inversión de futuro, mientras que las universidades lo consideran como un camino para intensificar la empleabilidad de sus posgraduados y para atraer fuentes para financiar sus investigaciones.

En las figuras 2 y 3 se pueden ver esquemas genéricos de este tipo de colaboraciones, cuyo alcance puede medirse en el corto y largo plazos, con resultados diversos.

LA ACTUAL ESTRUCTURA DEL DOCTORADO EN ESPAÑA Y EN OTROS PAISES

La normativa española del doctorado ha sufrido diversos cambios en los últimos 10 años, y la tendencia actual consiste en adaptar todos los programas existentes de acuerdo con lo especificado en el Real Decreto 99/2011, por el que se establecen las nuevas líneas para acceder a los programas de doctorado, que están basadas en



Figura 4. Esquema de enseñanzas de doctorado en un esquema cerrado.

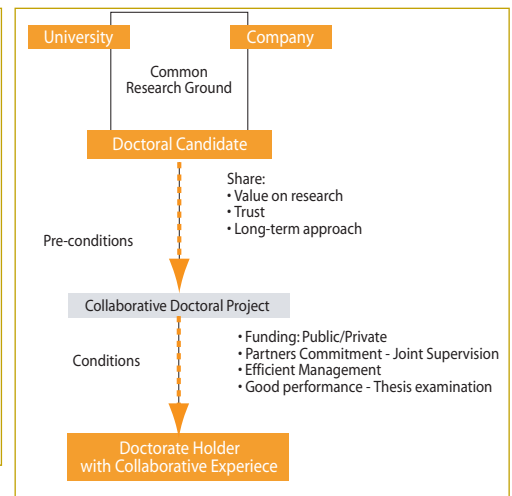


Figura 3. Esquema de actividades conjuntas de investigación.

estudios mencionados anteriormente y en experiencias de otros países, como Francia, Alemania, Inglaterra y los Estados Unidos.

El doctorado se extiende más allá de las fronteras de las universidades permitiendo alianzas entre universidades de un mismo país, o con las de otros, mediante convenios, para permitir la movilidad de los estudiantes y para favorecer la ampliación de conocimientos multidisciplinares que den lugar a competencias profesionales e investigadoras.

Se pasa del concepto tradicional de las tesis puramente académicas a una concepción más tecnológica e innovadora que permitan avances significativos en el sector productivo, sin perder el rigor académico, y con mayor difusión de los resultados en revistas especializadas y en congresos internacionales y seminarios especializados. El esquema cerrado que se observa en la Figura 4 se abre a otros actores, como son los empleadores, los centros de investigación, la Administración, etc.

También, en el nuevo esquema de doctorado planteado en España, aparecen las escuelas de doctorado, de larga tradición y prestigio en Francia, soportadas en las *Grande Ecoles*. Estas escuelas doctorales pueden establecerse por una única universidad, o a través de alianzas con otras universidades, pudiendo incorporarse en redes nacionales o internacionales, y en dichas escuelas pueden coexistir uno o varios temas tecnológicos. Los alumnos tienen la oportunidad de convivir con colegas de otras disciplinas tecnológicas, compartiendo recursos, seminarios y experiencias, con la posibilidad de realizar estancias en otras instituciones para intercambiar

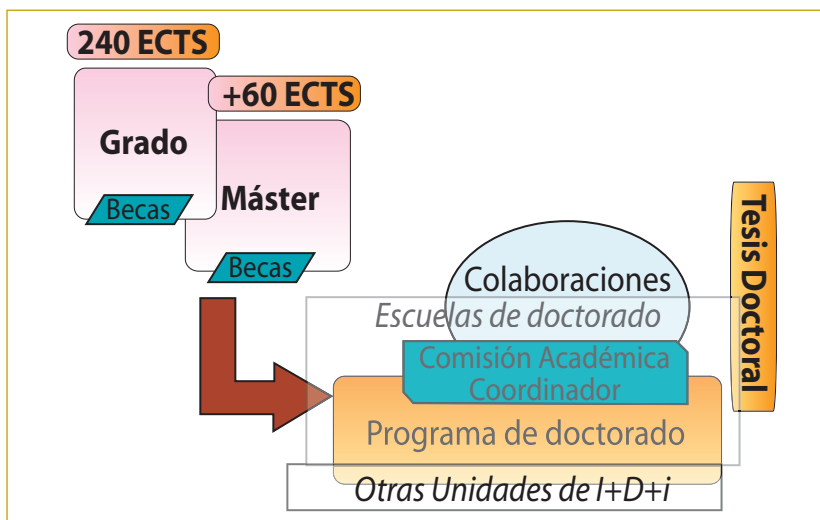


Figura 5. Organización de los Estudios de Doctorado en España.

ideas y resultados de la investigación, o para contrastar resultados con experimentos, y con la posibilidad de aprender de otros expertos de prestigio.

En el Real Decreto se priorizan alianzas con el mundo empresarial para realizar actividades de investigación conjuntas, siguiendo los esquemas mencionados en las Figuras 2 y 3. De esta forma, los programas de doctorado pueden enfocarse hacia la innovación tecnológica y hacia la investigación, lo cual permitirá que el número de doctores formados puedan tener la posibilidad, al terminar sus tesis doctorales, de pasar a formar parte de las plantillas de empresas o de entidades públicas, tanto nacionales como extranjeras.

En la Figura 5 se puede ver cómo se organizan actualmente los estudios de doctorado en España. El criterio de acceso a los mismos pasa por un título de grado oficial de cuatro años, realizando 240 créditos europeos (240 ECTS), más un máster universitario (oficial) de, al menos, un año de duración de 60 ECTS. La admisión al doctorado con esta formación se realiza de forma automática en programas con áreas afines, y el tiempo de duración del doctorado se establece en cuatro años como máximo, finalizando con una tesis doctoral.

Para llevar a cabo estos estudios es preciso que los doctorandos tengan una asignación o contrato de investigación, de acuerdo con la Ley de la Ciencia lo cual, en el momento actual, es difícil de obtener a través de fondos públicos. Las universidades apoyan a estos doctorandos mediante los ingresos que se obtienen por contratos de investigación con el sector privado, fundamentalmente. Por este motivo

las alianzas con el sector privado son esenciales para tener una educación en el doctorado de calidad.

En otros países, como el Reino Unido, existen las *Graduate Schools*, que se caracterizan por la promoción de investigadores jóvenes, mediante la creación de entornos de investigación de excelencia, con la participación en redes internacionales y con la colaboración con entidades no universitarias, enfocando los estudios de doctorado hacia actividades profesionales o hacia la investigación más avanzada. Estas escuelas reciben aportaciones externas entre uno y dos millones de euros al año.

Las escuelas de doctorado en Francia empezaron a generalizarse en el año 2000, aunque en 2006 se renuevan según el acuerdo de Bolonia. La formación doctoral es una formación por y para la investigación e innovación, y la preparación de la tesis doctoral debe plasmarse en un proyecto personal y profesional claramente definidos, en el marco de un contrato con la universidad. Estas escuelas se pueden crear por una o varias universidades y en colaboración con entidades públicas, empresas y otras universidades o entidades extranjeras. El número de doctores al año y la financiación obtenida es muy eleada, y depende del prestigio de cada escuela. Estas escuelas en el sector nuclear se concentran en el CEA, aunque los títulos se imparten por alguna de las universidades de prestigio, o por las *Grande Ecoles*.

LA COMISIÓN EUROPEA Y LA FORMACIÓN EN EL SECTOR NUCLEAR

Uno de los principales objetivos de Euratom en su programa de investigación y entrenamiento consiste en

contribuir a la generación del conocimiento en la energía nuclear, mediante la investigación, y a generar las adecuadas competencias de sus profesionales mediante el entrenamiento. Este objetivo está ahora alineado con la estrategia de Europa 2020, lanzada en el 2010.

La política de la Comisión Europea en el *Horizonte 2020* consiste en la externalización de un número de acciones indirectas, y mediante iniciativas implementadas por los Estados miembros o por la industria interesada en ellas. Uno de los objetivos es conseguir patrocinios público-público o privado-público, mediante actividades voluntarias de estos sectores. La preparación del programa *Horizonte 2020* de Euratom se ha materializado en un estudio que se presentará en Bruselas, del 26 al 27 de febrero de 2013. El Consejo de Euratom decidirá, en 2013, sobre el programa de investigación y entrenamiento para el periodo 2014-2018, como una parte del paquete *Horizonte 2020*. Por tanto, el futuro de estas competencias y de la educación en investigación en energía nuclear de fisión, depende de este programa.

El enfoque de la investigación en Euratom estará concentrada en la seguridad y fiabilidad de las instalaciones nucleares, con la idea de que la seguridad es un proceso y no un estado. Se considera que las aplicaciones de la energía nuclear en generación de electricidad, aplicaciones en medicina, y en las aplicaciones de las radiaciones ionizantes continuarán necesitando una educación al más alto nivel, lo cual va a afectar de forma directa a las próximas generaciones.

Por este motivo, las actividades formativas y de investigación en el programa de Euratom del 7º Programa Marco, durante el periodo 2007-2013 se concentraron en:

1. La operación segura de los reactores.
2. La gestión de los residuos radiactivos
3. La protección radiológica.
4. Los recursos humanos.

Para acometer alguno de estos desarrollos se crearon varias escuelas de doctorado coincidiendo con varios proyectos del Programa Marco, como:

- EUROTRANS (FP6) /2005-2010/ - "European Research Programme for the Transmutation of High Level Nuclear Waste in an Accelerator Driven System", y
- HPLWR (FP7 project) /2006 - 2010/ - "High Performance Light Water Reactor"

Para el futuro, Euratom se dirige hacia una gobernanza en proyectos

de investigación y entrenamiento. Los programas se designarán para soportar la toma de decisiones, en particular, en proyectos complejos y a largo plazo, como los relacionados con: investigaciones básicas, modernización de centrales, desarrollo de tecnologías avanzadas, en Generación IV, y en instalaciones de almacenamiento para residuos radiactivos. También se necesitarán desarrollar herramientas de simulación para realizar cálculos numéricos y para la simulación de instalaciones experimentales. Para llevar a cabo estas actividades será necesario una implicación de los empleadores y usuarios finales.

La gobernanza estará regulada por los siguientes elementos.

- Criterios de medida,
- Participación,
- Predicción, y
- Transparencia

Esta línea de actividades de investigación y formación en el ámbito nuclear encajan perfectamente con la creación de alianzas entre universidades, centros de investigación y el sector nuclear en todos sus apartados con el fin no sólo de preparar a los futuros profesionales en tiempos cortos, sino también con una alta cualificación, y con las capacidades para impulsar la investigación y la innovación. Y eso pasa por la formación de doctores en las especialidades relacionadas con la energía nuclear, además de la formación de los graduados y posgraduados en las diferentes ramas de la ingeniería, y las ciencias básicas, que deberán pasar directamente al sector sin necesidad de seguir estudios de doctorado.

INTEGRACIÓN DE DOCTORES EN EL SECTOR NUCLEAR EN ESPAÑA

En España, las universidades han mantenido y mantienen su autonomía universitaria, dentro de los límites que le ha permitido la ley. Por este motivo ha sido posible seguir manteniendo

las enseñanzas en el campo nuclear, a pesar de la moratoria nuclear, y a pesar de la inexistencia de un programa de construcción de nuevas centrales en el territorio nacional.

A pesar de estas dificultades, las plazas docentes no se han extinguido, y existe en este momento varias generaciones de profesores en las universidades españolas, que participan activamente en la formación de ingenieros y en programas de investigación, mediante financiación pública y privada, y sobre todo con una alta proyección internacional.

Además, los programas y actividades que las empresas del sector mantienen en el parque nuclear español, así como los que se mantienen en otros países contribuyen a una adecuada empleabilidad para los egresados, sin necesidad de emplear egresados de otros países.

La movilidad de los estudiantes que siguen las materias nucleares se ve soportada a través de la Asociación ENEN, y del Programa *Erasmus*. En ENEN están presentes las mejores universidades de Europa, junto a algunas de Japón, Rusia, Canadá y Sudáfrica, y la estancia de más de seis meses en estas instituciones permite obtener un certificado del máster emitido por ENEN. Anualmente, los doctorandos españoles en materias nucleares pueden participar en una competición sobre las mejores tesis, organizada por ENEN, ante un tribunal formado por profesores de varios países.

Todas estas actividades contribuyen a mantener una formación de prestigio de los graduados y alumnos de los másteres oficiales. Sin embargo, la nueva normativa sobre el doctorado, en la que las tesis deben finalizarse en un plazo inferior a los cuatro años, obligan a los estudiantes a tener dedicación completa, aunque se permite la dedicación parcial, con contratos financiados con recursos propios. La

normativa también abre las puertas a una mayor relación con las empresas y a realizar investigaciones en colaboración, lo cual permite una fuente de financiación para asegurar la existencia de doctorandos. La empleabilidad de los doctores es también un valor añadido para atraer estudiantes de doctorado y para contribuir a la competitividad del sector.

Con la creación y compromiso del Ceiden es posible incrementar las actividades de investigación en las diversas áreas definidas, involucrando a las empresas del sector, a las universidades junto con el Ciemat y otros organismos públicos de investigación, con el fin de aprovechar las sinergias de los futuros doctores y su futura integración en el sector. La cultura de colaboración en proyectos de investigación entre las empresas y las universidades debería ser un objetivo a mejorar, en lugar de derivar ciertas contrataciones o desarrollos con empresas extranjeras. Las universidades no sólo están para formar profesionales altamente cualificados para la sociedad, sino también para aportar el conocimiento a través de los resultados de los proyectos de investigación e innovación.

Con relación a la educación en doctorado, las distintas universidades que tienen programas en Ciencia y Tecnología Nuclear o similares podrían pensar en crear una escuela de doctorado enfocada al sector nuclear, con el patrocinio de dicho sector a través del Ceiden. Esta sería una forma de tener unas líneas maestras en la investigación y formación de doctores en colaboración con el mundo empresarial, optimizando recursos.

Es misión de la Universidad dar a conocer sus capacidades y desarrollos, y es misión de las empresas acercarse a las universidades para informar de las necesidades de colaboración en proyectos en los que necesiten el conocimiento de aquellas. ■

39^a Reunión Anual SNE

Reus

Te esperamos del 25 a 27 de septiembre de 2013