

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA
RADIOLOGICAL PROTECTION

ANTONIO COLINO
Consejero del CSN
Councilor of the CSN

EL EXPERIMENTO AMS EN EL ESPACIO
AMS EXPERIMENT IN SPACE



VÉRTICES

LA REVISTA DEL CIEMAT



Instrumentación y Sistemas para instalaciones radiactivas y ambientales

C/ Primera, 27
28016 Madrid
Telf.: +34 91 413 16 63
Fax: +34 91 413 62 44

tecnasa@teleline.es





VÉRTICES

LA REVISTA DEL CIEMAT

- C** Editorial 2
- C** Entrevista 4
- ANTONIO COLINO
*Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear
Councillor of the Nuclear Safety Council*
- C** El CIEMAT 13
- Noticias
News
- C** Artículos de fondo 29
- Actuaciones de la División de Medio Ambiente Radiológico derivadas del accidente de Fukushima
Activities of the Radiological Environmental Division related to the Fukushima accident
- Teresa NAVARRO, Catalina GASCÓ, Beatriz ROBLES, Milagros MONTERO 29
 - Formación para la excelencia
Training for excellence 44
- Santiago LUCAS SORIANO
 - La Utilización de la Ciencia y Tecnología Nuclear de Forma Segura y Pacífica
Using Nuclear Science and Technology Safely and Peacefully 50
- Peter KAISER
- El accidente de Fukushima: La investigación al servicio de la comunicación
The Fukushima Accident: Research at the Service of Communication 55
- Luis Enrique HERRANZ y Enrique GONZÁLEZ
- C** Firma invitada 69
- Presidenta de la SEPR
President of SEPR
- María Luisa ESPAÑA
- C** I+D+i en España y el Mundo 72
- C** Nuestros profesionales 76
- Rosa María SÁEZ ANGULO
- C** Publicaciones 81

www.ciemat.es

EDITA:

CIEMAT

Centro de Investigaciones
Energéticas, Medioambientales
y Tecnológicas.

Avenida Complutense, 22
28040 Madrid (España).
Tel.: +34 91 346 60 00/01 (centralita).
Fax: +34 91 346 60 05 (central).
E-mail: revista@ciemat.es

DIRECTOR GENERAL: Cayetano López Martínez

COMITÉ CIENTÍFICO-TÉCNICO:

Coordinadora: Margarita Vila Pena.
Vocales: Begoña Bermejo, Marcos Cerrada,
Javier Domínguez Bravo, Miguel Embid,
Amparo Glez. Espartero, Carmen Martín,
Fernando Martín Llorente, Isabel Redondo,
Juan Carlos Sanz y Enrique Soria.

COORDINACIÓN Y EDICIÓN: Grupo Senda

C/ Isla de Saipán, 47 - 28035 Madrid.
Tel.: +34 91 373 47 50 - Fax: +34 91 316 91 77
E-mail: revistaciemat@gruposenda.net

PUBLICIDAD: PLAN B Comunicación Integral
E-mail: revistaciemat@planbcomunicacion.com

ARCHIVO FOTOGRÁFICO: CIEMAT-GRUPO SENDA

IMPRIME: IMGRAF. S.L.

DEPÓSITO LEGAL: M-46799-2006

ISSN: 1887-1461

NIPO: 471-11-029-1

Sostenibilidad del medioambiente Environmental Sustainability



Yolanda Benito Moreno

Directora del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT
Director of the Environment Department of the CIEMAT

Para garantizar la sostenibilidad del Medioambiente la comunidad internacional se ha comprometido a incorporar los principios del desarrollo sostenible en las distintas políticas y programas de cada país y así invertir la pérdida de recursos del medioambiente.

Sostenibilidad significa mantenerse en el tiempo; para ello es necesario llevar a cabo un cambio en el modelo de desarrollo. El abuso sin control de los recursos naturales, como si fueran infinitos, trae consigo una serie de consecuencias tales como:

- La deforestación, pérdida de biodiversidad y desertificación. Cada año se produce un descenso en la superficie forestal a nivel mundial.
- El efecto invernadero. El incremento en el consumo de energía ha llevado al aumento en investigación y desarrollo de energías limpias y renovables, sin embargo, estas energías sólo representan un porcentaje relativamente pequeño del total de energía consumida en el planeta.
- El cambio climático, que está provocando el aumento de la inestabilidad climática y el calentamiento de la atmósfera.
- La sobreexplotación de los recursos marinos, que genera el agotamiento de las reservas pesqueras.
- La escasez de agua potable y sus efectos sobre la salud.
- La disminución del suelo destinado a la agricultura, seriamente amenazado por la degradación medioambiental.
- La seguridad nuclear y su impacto sobre el medio ambiente.

Sin embargo, el interés de la comunidad internacional en estos temas es relativamente reciente, las cuestiones relacionadas con el medioambiente apenas figuraban entre sus pasadas preocupaciones. En los comienzos, en la década de los sesenta se generaron acuerdos sobre la contaminación marina, especialmente sobre los derrames de petróleo, pero ante los crecientes indicios de que el medioambiente se estaba deteriorando a escala mundial, la comunidad internacional se mostró cada vez más alarmada por las consecuencias que podía tener para el desarrollo para el planeta y el bienestar de la humanidad.

Fue en los setenta cuando se incrementaron los esfuerzos para ampliar la lucha contra la contaminación en otros ámbitos. En la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Humano de Estocolmo, en 1972 se incorporó a los temas de trabajo de la comunidad internacional la relación entre el desarrollo económico y la degradación ambiental. Tras la misma se creó el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) que, hasta el día de hoy, sigue siendo el principal organismo mundial en la materia.

En los años ochenta se comprendió que era necesario lograr urgentemente un nuevo tipo de desarrollo que asegurara el bienestar económico de las generaciones actuales y futuras protegiendo a un tiempo los recursos ambientales de los que depende todo desarrollo. Se introdujo

In order to guarantee environmental sustainability, the international community has agreed to include the principles of sustainable development in each country's policies and programs and thus reverse the loss of environmental resources.

Sustainability means to sustain oneself over time, and to do this the development model must be changed. The uncontrolled abuse of natural resources, as if they were endless, has many consequences, including the following:

- *Deforestation, loss of biodiversity and desertification. The forest surface area is diminishing year after year all over the world.*
- *The greenhouse effect. The increase in energy consumption has led to more research and development of clean and renewable energies; however, these energies only account for a relatively small percentage of all the energy consumed on the planet.*
- *Climate change, which is causing increasing climate instability and atmospheric warming.*
- *Overexploitation of marine resources, which results in depletion of fishing reserves.*
- *Shortage of drinking water and the effects of this on health.*
- *Diminishing amount of land used for agriculture, seriously threatened by environmental degradation.*
- *Nuclear safety and its impact on the environment.*

However, the international community's interest in these issues is relatively recent, as environment-related matters were hardly one of its past concerns. In the beginning, in the decade of the 1960s, agreements were reached on marine pollution, and especially on oil spills, but in view of the growing evidence that the environment was deteriorating everywhere in the world, the international community became increasingly alarmed by the consequences that this could have in terms of development on the planet and the well-being of mankind.

It was in the 1970s when efforts were doubled to extend the fight against pollution to other areas. The United Nations Conference on the Human Environment, held in Stockholm in 1972, included the relationship between economic development and environmental degradation as one of the issues to be addressed by the international community. The United Nations Environment Program (UNEP) was created after this conference, and today it is still the leading world organization in this field.

By the 1980s, there was a general understanding that a new kind of development was urgently needed in order to ensure

el concepto de *desarrollo sostenible* como enfoque alternativo al desarrollo basado simplemente en un crecimiento económico sin restricciones.

En la actualidad, la conciencia de que es necesario preservar y mantener el medioambiente se refleja prácticamente en todos los ámbitos de actuación, proteger el medio ambiente debe formar parte de todas las actividades de desarrollo tanto económico como social.

Pero los esfuerzos por integrar las cuestiones ambientales con la planificación económica y la adopción de decisiones se mueven lentamente. ¿Por qué se tiende a presentar algunos problemas como “medioambientales”, cuando son temas graves de salud pública o de economía? Seguramente porque, en una sociedad mayormente urbana, hacerlo así los convierte en asuntos de segundo orden. A nivel nacional, los barómetros del CIS muestran que los temas ecológicos ocupan un lugar intermedio en la lista de preocupaciones de la población, mientras que la salud y la economía están entre los primeros. Los problemas como la contaminación atmosférica y alimentaria, el ruido, la escasez de agua, el calentamiento global, la pérdida de biodiversidad, la deforestación, la desertización, etc., deberían estar entre las primeras preocupaciones de la sociedad.

El CIEMAT, a través de su Departamento de Medio Ambiente trabaja en áreas que permiten abordar gran parte de estos temas. En el ámbito de la percepción social trabajamos en proyectos que tienen en cuenta aspectos relacionados con la sociedad y las nuevas formas de comunicarse. Los ciudadanos pueden implicarse más en la planificación y en el diseño de las políticas que mejoren su entorno. Cuando se trata de avanzar en sostenibilidad, también hay que replantearse los indicadores que utilizamos hoy en día para medir el éxito de las sociedades.

La vigilancia y el control de la radioactividad en el medioambiente constituyen un campo de actuación específico, desarrollando métodos y criterios de evaluación del riesgo radiológico en fuentes naturales y artificiales.

Otra área de trabajo es la calidad ambiental, abarcando campos como la gestión de los residuos, el control de la contaminación química y acústica y la recuperación de suelos contaminados. Se llevan a cabo proyectos en tecnologías de desalación de agua como ejemplo de consumo sostenible y gestión de recursos naturales.

En el ámbito del desarrollo rural se están realizando proyectos de recuperación paisajística de escombreras mineras en una de las zonas más afectadas por esta problemática.

Las ciudades sostenibles constituyen otro de nuestros ámbitos de actuación, participando en diversos proyectos que abordan aspectos de contaminación ambiental y su impacto sobre la salud y la vegetación, así como el control de emisiones y la modelización de escenarios.

El cambio climático y las diversas estrategias frente al mismo constituyen otra de las áreas en las que se trabaja en el departamento, mediante proyectos relacionados con el almacenamiento de CO₂, la reducción de GEI mediante el aprovechamiento de residuos biodegradables y el control de emisiones en vertederos.

Finalmente me gustaría transmitir que es necesario seguir invirtiendo en tecnología e innovación medioambiental si queremos caminar hacia un mundo más sostenible. Que la crisis económica no sea la excusa para no avanzar en todos estos campos, en los que CIEMAT debe jugar un papel relevante tanto en la investigación como en la innovación tecnológica.

the economic well-being of current and future generations and, at the same time, protect the environmental resources on which all development depends. The concept of sustainable development was introduced as an alternative to the kind of development based simply on economic growth without restrictions.

At present, the awareness that the environment must be conserved and maintained is reflected in practically all fields of action, and protecting the environment should form part of all development activities, whether economic or social.

But the effort to integrate environmental issues into economic planning and decision making is a slow process. Why is there a tendency to present some problems as “environmental” when they are actually serious issues of public health or the economy? Most likely because, in a mostly urban society, this ranks them as second order problems. On a national level, the CIS barometers show that ecological issues rank somewhere the middle of the list of the population’s concerns, whereas health and the economy are at the top. Problems such as atmospheric and food pollution, noise, shortage of water, global warming, loss of biodiversity, deforestation, desertification, etc., should be among the leading concerns of society.

The CIEMAT, through its Environment Department, works in areas where most of these issues can be addressed. In the area of social perception, we work on projects that consider aspects related to society and the new forms of communication. Citizens can become more involved in the planning and design of policies that improve their environment. When it is a matter of furthering sustainability, a new look should be taken at the indicators we use today to measure how successful societies are.

The monitoring and control of radioactivity in the environment comprise a specific field of action that develops methods and criteria to evaluate the radiological risk in natural and artificial sources.

Another area of work is environmental quality, which covers fields such as waste management, chemical and acoustic pollution control and recovery of contaminated soils. Projects are carried out with water desalination technologies as an example of sustainable consumption and management of natural resources.

In the area of rural development, there are projects for landscape reclamation at mining slag heaps in one of the zones most affected by this problem

Another area of interest are sustainable cities. We take part in different projects that address aspects of environmental pollution and its impact on health and vegetation, as well as the control of emissions and modeling of scenarios.

Climate change and the different strategies to combat it is another area in which the department is working, with projects related to CO₂ storage, reduction of greenhouse gases by taking advantage of biodegradable wastes and the control of emissions in waste dumps.

Finally I would like to stress that we must keep on investing in environmental technology and innovation if we want to aim at a more sustainable world. The economic crisis should not be an excuse not to move forward in all these fields, in which the CIEMAT should play a relevant role in both research and technological innovation.

Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear.

Councilor of the Nuclear Safety Council.

Antonio Colino

Antonio Colino es doctor ingeniero de Caminos, Canales y Puertos por la Universidad Politécnica de Madrid, y diplomado en Tecnología Energética por la misma Universidad, así como ingeniero eléctrico nuclear (EE UU), diplomado en Dirección General de Empresas (EOI) y en Defensa Nacional (Ceseden).

Inició su carrera profesional en 1972, en Bechtel Power Corporation de EE UU, pasando en 1975 al Grupo Endesa, donde ocupó diferentes puestos, siendo el último el de director de los Proyectos de Centrales Nucleares Avanzadas.

Entre 1996 y 2004 fue presidente ejecutivo de Enresa. Fue el primer presidente de la Asociación Internacional para la Gestión Medioambiental y Segura de Materiales Radiactivos, así como consejero del CIEMAT.

Desde 1996 hasta 2006 fue asesor, para temas de energía, de la Unión Europea y del Organismo Internacional de la Energía Atómica.

Desde 2006 es consejero del Consejo de Seguridad Nuclear.

Ha sido director del Diccionario Español de la Energía, y desde 2005 dirige el Diccionario Español de la Ingeniería.

Ha sido condecorado con la Medalla de Honor del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, la Medalla de Oro de la Sociedad Nuclear Española y la Encomienda de Número de la Orden de Isabel la Católica.

Es académico de la Real Academia de Ingeniería desde 2004.

Desde 2008 es presidente de la Asociación de Diplomados en Altos Estudios de la Defensa Nacional.



El Consejo de Seguridad Nuclear es el organismo regulador español en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Los cambios legislativos que aplican al CSN, las relaciones que mantiene con organismos similares en el ámbito internacional, así como las actuaciones más cercanas a la ciudadanía son los temas abordados en esta entrevista con el consejero Antonio Colino.

EL CSN

La Ley 33/2007 introduce cambios significativos en el funcionamiento del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), como la creación de un comité asesor para la información y participación pública. ¿Qué aspectos destaca de esta nueva ley?

El CSN es un Ente de Derecho Público, independiente de la Administración General del Estado, con personalidad jurídica y patrimonio propio e independiente de los del Estado, creado por la Ley 15/1980, de 22 de abril, como único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica

La aprobación de la Ley 33/2007, de 7 de noviembre, de reforma de la Ley 15/1980 ha supuesto una mayor transformación en el régimen jurídico de este organismo. Entre otras novedades, la ley ha desarrollado los aspectos jurídicos que permiten fortalecer y garantizar su independencia efectiva, acogiendo la creciente sensibilidad social en relación con el medioambiente, institucionalizando los mecanismos necesarios para promover y potenciar la transparencia, la participación de la sociedad y reforzar el derecho de los ciudadanos a acceder a la información relevante en lo que concierne a la seguridad nuclear y la protección radiológica.

Gracias a nuevos elementos como el establecimiento de un comité asesor de información y participación pública, se ha procurado avanzar en una mayor credibilidad y confianza de cara a la sociedad. Este comité tiene la función de emitir recomendaciones para garantizar y mejorar la transparencia, así como proponer medidas que incentiven el acceso a la información y la participación ciudadana en las materias de competencia del CSN, sabiendo que en todo caso las recomendaciones y propuestas que emita el comité asesor no tendrán carácter vinculante para el Consejo.

En esta misma línea, se regula el derecho de los trabajadores de las instalaciones nucleares y radiactivas para que pongan en conocimiento del CSN deficiencias en la seguridad de las mismas.

En suma, se podría decir que la Ley de Creación del organismo incorpora preceptos que atañen especialmente a los procesos de transparencia y comunicación, y aquellos aspectos relacionados con los derechos de los ciudadanos en su relación con el CSN, la participación pública y el acceso a la justicia en materia de medio ambiente.

El Consejo de Seguridad Nuclear, como organismo regulador español se sometió en 2008, por iniciativa propia, al Servicio Integral de Revisión Reguladora, el IRRS, del OIEA. ¿Cuáles son los objetivos de esta misión, y cuáles fueron las principales áreas de mejora detectadas en el proceso inicial?

La misión IRRS del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) es un instrumento para reforzar y mejorar la efectividad del marco regulador de los estados miembros, así como sus actividades en el ámbito de la seguridad nuclear, radiactiva, de los residuos radiactivos y del transporte, basándose en la aplicación de la normativa del OIEA y en el consenso global y visiones comunes entre los reguladores experimentados de los estados miembros.

La revisión del OIEA cubrió ocho áreas temáticas: responsabilidades legislativas y gubernamentales, responsabilidades y funciones del regulador, organización, proceso de autorización, revisión y evaluación de las solicitudes de los titulares, inspección y sistema sancionador, elaboración de reglamentos y guías, y sistema de gestión del organismo.

El equipo evaluador, de ámbito internacional, identificó lo que se conoce como 19 buenas prácticas, 26 sugerencias y cinco recomendaciones sobre sistemas de evaluación de las instalaciones nucleares y radiactivas, gestión de residuos y sistemas de gestión.

En febrero de este año se presentaron los resultados de la evaluación del seguimiento de esta misión. ¿Cuáles son los resultados más destacados?

La misión de febrero de este año 2011 tenía el objetivo de hacer una evaluación de seguimiento de las conclusiones obtenidas en 2008.

En aquel momento, la misión encontró fortalezas significativas en las políticas del organismo, en su marco de regulación

Antonio Colino received a Doctor's degree in Civil Engineering from the Madrid Polytechnic University and a Diploma in Energy Technology from the same University. His also has a degree in Nuclear Power Engineering (USA), and a diploma in Business Management (EOI) and National Defense (CESEDEN).

He began his professional career in 1972 in the U.S. Bechtel Power Corporation. He joined the ENDESA Group in 1975, where he held several posts, the last one of which was Director of Advanced Nuclear Power Plant Projects.

Between 1996 and 2004, he was Executive President of ENRESA. He was the first President of the International Association for Environmentally Safe Disposal of Radioactive Materials, and also a board member of the CIEMAT.

From 1996 to 2006, he was an energy advisor of the European Union and the International Atomic Energy Agency.

He has been a councilor of the Nuclear Safety Council since 2006.

He has been director of the Spanish Energy Dictionary, and since 2005 he directs the Spanish Engineering Dictionary.

He has been awarded the Medal of Honor of the Association of Civil Engineers, the Gold Medal of the Spanish Nuclear Society and the Order of Isabella the Catholic.

He has been a member of the Royal Academy of Engineering since 2004.

Since 2008, he is President of the Association of National Defense Alumni.

The Nuclear Safety Council is the Spanish regulatory body for nuclear safety and radiological protection.

The legislative changes that apply to the CSN, its relations with similar international bodies and the activities that most affect the public are the subjects addressed in this interview with councilor Antonio Colino.

THE CSN

Law 33/2007 introduces significant changes in the way the Nuclear Safety Council (CSN) functions, e.g. the creation of an Advisory Committee for public information and participation. What aspects would you stress about this new law?

The CSN is a public legal entity that is independent of the State's General Administration and has its own legal status and administers its own affairs. It was created by Law 15/1980 of April 22, as the only competent body in matters of nuclear safety and radiological protection.

With the approval of Law 33/2007 of November 7, which reforms Law 15/1980, the legal regime of this organization has been transformed considerably. Among other changes, the law has enacted the legal framework that strengthens and guarantees its effective independence, responding to the growing social awareness of environment-related issues, institutionalizing the mechanisms needed to promote and support transparency and society's participation and reaffirming the right of



y en sus actividades, planteando recomendaciones para mejorar el marco regulador.

En febrero de este año 2011, la misión *follow-up* ha avalado que el CSN ha realizado esfuerzos encomiables para avanzar en el conjunto de aquellos aspectos identificados por la misión IRRS de 2008. Entre las acciones y actuaciones más relevantes, se podrían destacar la creación del comité asesor para la información y la participación pública, del que hemos hablado anteriormente.

Otros aspectos destacados son la revisión del sistema de gestión; las actuaciones derivadas de la actualización de la normativa sobre seguridad física; el desarrollo de nuevas Instrucciones de seguridad, y los trabajos relacionados con la Directiva Básica de Riesgos Radiológicos, que finalmente fue aprobada por el Real Decreto 1564/2010, de 19 de noviembre.

citizens to access relevant information related to nuclear safety and radiological protection.

The idea behind the new elements, such as the creation of an Advisory Committee for public information and participation, has been to boost credibility and gain the trust of society. The function of this Committee is to issue recommendations on how to guarantee and improve transparency, and to propose measures that encourage access to information and public participation in the areas of competence of the CSN, but with the knowledge that the proposed recommendations of the Advisory Committee are not binding on the Council.

Along these same lines, the law also regulates the right of workers in nuclear and radioactive installations to report safety deficiencies of these installations to the CSN.

In short, it could be said that the Foundational Law of the CSN includes precepts that in particular concern the processes of transparency and communication, and those aspects related to the rights of citizens in relation to the CSN, public participation and access to justice in environmental affairs.

As a Spanish regulatory body, in 2008 the Nuclear Safety Council subjected itself to the Integrated Regulatory Review Services (IRRS) of the IAEA. What are the objectives of this mission, and what were the main areas of improvement detected in the initial process?

The IRRS mission of the International Atomic Energy Agency (IAEA) is an instrument to strengthen and improve the effectiveness of the regulatory framework of the Member States, as well as their activities in the areas of nuclear safety, radiation protection, radioactive wastes and transport, based on the application of IAEA standards and on the global consensus and common vision of experienced Member State regulators.

The IAEA review covered eight thematic areas: legislative and governmental responsibilities, regulator responsibilities and functions, organization, licensing process, licensee application review and evaluation, inspection and sanctions, drafting of regulations and guidelines, and the organization's management system.

The international review team identified 19 of what are known as good practices, 26 suggestions and five recommendations concerning the assessment systems of nuclear and radioactive installations, waste management and management systems.

In February of this year, the results of the follow-up review of this mission were presented. What are the most notable results?

The purpose of this year's February mission was to conduct a follow-up assessment of the findings of 2008.

At that time, the mission found significant strengths in the council's policies, in its regulatory framework and in its activities, and it made recommendations to improve the regulatory framework.

RELACIONES INTERNACIONALES

El CSN forma parte de organismos internacionales como INRA o Wenra. ¿Qué papel tiene el regulador español en estas instituciones?

Los responsables de los organismos reguladores de Francia, Alemania, Reino Unido, Suecia, Estados Unidos, Canadá, Japón, Corea del Sur y España constituyen la Asociación Internacional de Reguladores Nucleares (INRA) para abordar la mejora de la seguridad nuclear, desde la perspectiva reguladora, tanto en sus respectivos países como a nivel mundial.

En las reuniones periódicas, que suele haber dos al año, los representantes de dichos organismos intercambian información concreta a nivel técnico, legal, económico y administrativo, y se solicita opinión a sus homólogos, como forma de compartir experiencias para implantar mejoras en sus respectivas organizaciones.

A nivel europeo, la Asociación de Reguladores Nucleares de Europa Occidental (WENRA) tiene como objetivos principales desarrollar políticas relativas a la seguridad nuclear, actuar como evaluador independiente, con objeto de examinar la seguridad nuclear de los países firmantes y servir como una red de los principales reguladores en seguridad nuclear en Europa, para poder intercambiar experiencias y discutir los temas más importantes relacionados con la seguridad.

Para llevar a cabo estos objetivos, Wenra cuenta con dos grupos de trabajo: Grupo de Trabajo para la Armonización de la Seguridad de los Reactores (*Reactor Harmonisation Working Group*, RHWG) y el Grupo de Trabajo sobre Residuos y Desmantelamiento (*Working Group on Waste and Decommissioning*, WGWD).

¿Qué importancia concede a la colaboración internacional en materia de regulación nuclear?

En el recientemente aprobado Plan Estratégico del CSN, queda recogido que el organismo debe mantener una presencia activa en los foros de reguladores internacionales para fomentar e incorporar las mejores prácticas reguladoras y el intercambio de experiencias que posibilitan el aprendizaje y la mejora continua del CSN en el cumplimiento de su misión.

En este sentido, son de especial interés la participación en las actividades de la Unión Europea, el OIEA y las asociaciones de reguladores mencionadas anteriormente como INRA y Wenra, así como el trabajo conjunto con HERCA (*Heads of European Radiological Protection Control Authorities*) y el Foro Iberoamericano de Organismos Reguladores Nucleares y Radiológicos.

LA I+D EN EL ÁMBITO NUCLEAR

La investigación es un área de especial relevancia en el campo energético, y especialmente en el mundo nuclear. ¿Cuáles son las iniciativas más destacadas del CSN en esta materia?

España, al igual que otros muchos países de nuestro entorno, se encuentra inmersa en el complejo fenómeno de

In February of this year, the follow-up mission has confirmed that the CSN has made commendable efforts to implement the aspects identified by the 2008 IRRS mission. The most relevant actions and activities included the creation of the aforementioned Advisory Committee for public information and participation.

Other noteworthy aspects are the review of the management system, the activities stemming from the updated legislation on physical security, the development of new safety instructions and the work related to the Basic Radiological Risk Directive, which was finally approved by Royal Decree 1564/2010 of November 19.

INTERNATIONAL RELATIONS

The CSN is a member of international bodies such as INRA and WENRA. What role does the Spanish regulator play in these institutions?

The regulatory bodies of France, Germany, United Kingdom, Sweden, United States, Canada, Japan, South Korea and Spain form the International Nuclear Regulators Association, whose mission is to improve nuclear safety, from the regulatory perspective, in both their respective countries and worldwide.

In the periodic meetings usually held twice a year, the representatives of these regulators exchange specific technical, legal, economic and administrative information, and they request opinions from their peers as a way to share experiences to implement improvements in their respective organizations.

In Europe, the main objectives of the Western European Nuclear Regulators Association (WENRA) are to develop nuclear safety policies, to act as an independent assessor for purposes of examining the nuclear safety of the signatory countries and to serve as a network of leading nuclear safety regulators in Europe, in order to exchange experiences and discuss the most important safety-related issues.

In order to achieve these objectives, WENRA has two working groups: the Reactor Harmonisation Working Group (RHWG) and the Working Group on Waste and Decommissioning (WGWD).

How important do you think international collaboration is in matters of nuclear regulation?

The recently approved CSN Strategic Plan states that the organization should have an active presence in the international regulatory forums, in order to foster and incorporate the best regulatory practices and encourage the exchange of experiences that enable continuous learning and improvement of the CSN in the accomplishment of its mission.

In this respect, of particular interest are the activities of the European Union, the IAEA and the above mentioned regulators' associations, e.g. INRA and WENRA, as well



la globalización. Uno de los aspectos que destaca en este escenario global es la coexistencia de empresas de ámbito local, nacional, e internacional, las cuales tienen acusadas diferencias, causadas principalmente por la desigualdad que existe en el desarrollo económico, industrial, tecnológico, de investigación y desarrollo (I+D) de los diversos países de origen. La innovación desempeña un papel incontestable como motor de la competitividad y de la creación de empleo, así como del bienestar y del desarrollo social y económico. Innovar es un proceso consistente en convertir ideas en productos o servicios nuevos o mejorados que aporten rendimientos al mercado y a la sociedad, y beneficios a la empresa que pone en marcha el proceso innovador.

Respecto del CSN, para el cumplimiento de la misión del organismo, se requiere un nivel de competencia técnica y de independencia de juicio que sólo se puede lograr y mantener en la medida en que el organismo incorpora, adquiere y asimila en sus métodos y procedimientos de trabajo los mejores conocimientos sobre el uso de la tecnología nuclear y sobre los medios para controlar sus riesgos asociados.

El marco regulador internacional en el que el CSN se mueve propicia, de forma inexcusable, que los conocimientos adquiridos por razón de las buenas prácticas y su constante innovación mediante la aplicación al trabajo diario, supone la participación en los programas de investigación y desarrollo que se lleven a cabo en el ámbito de la seguridad nuclear y la protección radiológica, bien en el propio país, bien en los países de reconocido desarrollo tecnológico nuclear.

as the joint work with HERCA (Heads of European Radiological Protection Control Authorities) and the Ibero-American Forum of Nuclear and Radiological Regulatory Agencies.

R&D IN THE NUCLEAR FIELD

Research is a particularly relevant issue in the field of energy, and especially in the nuclear field. What are the most outstanding initiatives of the CSN in this respect?

Just as many other countries around it, Spain is affected by the complex phenomenon of globalization. One of the most prominent things in this global scenario is the co-existence of local, national and international enterprises which are markedly different, primarily as a result of the existing inequality in economic, industrial, technological and R&D development of the different countries of origin. Innovation plays an indisputable role as an engine of competitiveness and job creation, and also of prosperity and social and economic development. Innovation is a process in which ideas are converted into new or improved products or services that boost market performance and yield benefits to society and the companies that innovate.

In order for the CSN to accomplish its mission, it requires a level of technical competence and independence of judgment that can only be acquired and maintained by incorporating, acquiring and assimilating into its methods and procedures the best know-how regarding the use of nuclear technology and the means to control its associated risks.

In the international regulatory framework in which the CSN operates, the know-how acquired by way of good practices and constant innovation in its day-to-day work unavoidably entails participation in the research and development programs carried out in the field of nuclear safety and radiological protection, either in its own country or else in countries with a recognized level of nuclear technology development.

The CSN uses subsidies to try to stimulate social organizations to undertake certain activities of common or general interest that will broaden or deepen the knowledge of specific aspects related to the material competences of this organization. These include areas such as simulation of fire behavior; thermohydraulic phenomenology; methods to deal with uncertainties in safety assessments; waste management; radiation monitoring; worker protection; organizational issues; and safety culture: in short, all the fields and subjects that concern the CSN as a regulatory agency of nuclear safety and radiological protection and physical security.

On the other hand, the CSN is a member of the Nuclear Fission Energy Technology Platform (CEIDEN), which was founded in 2007 and is currently presided over by

El CSN trata de estimular positivamente, mediante el instrumento de la subvención, a los ciudadanos y organizaciones sociales para que realicen determinadas actividades convenientes al interés común o general, y mediante las cuales se amplían y profundizan aspectos concretos y relacionados con el ámbito de competencias materiales de este organismo. En este sentido, destacan áreas como simulación del comportamiento de incendios; fenomenología de termohidráulica; metodologías de tratamiento de las incertidumbres en los análisis de seguridad; gestión de residuos; vigilancia radiológica; protección de los trabajadores; aspectos organizativos y de cultura de seguridad. En definitiva, en todos los campos y materias que están bajo la competencia del CSN como organismo regulador de la seguridad nuclear y la protección radiológica, y la seguridad física.

Por otra parte, hay que recordar que la Plataforma Tecnológica de Energía Nuclear de Fisión (CEIDEN) fue constituida en el año 2007, en la que el CSN es miembro y en la actualidad presidida por el Consejero Fernández, tiene como objetivos son coordinar los diferentes planes y programas nacionales de I+D, así como la participación en los programas internacionales, procurando orientar de forma coherente los esfuerzos de las entidades implicadas que abarcan todo el sector nuclear español, desde las empresas eléctricas, las empresas de servicios, las ingenierías, las universidades, los centros de investigación, el propio organismo regulador, y la Administración.

EL CSN EN LA ACTUALIDAD DEL INTERÉS CIUDADANO

El Consejo de Seguridad Nuclear ha participado en la Universidad Internacional Menéndez y Pelayo (UIMP), en un curso sobre aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes. ¿Cuáles son los datos que destaca de este ámbito científico?

El uso de sustancias nucleares y de las radiaciones ionizantes tiene numerosas aplicaciones en diferentes ámbitos de la actividades cotidianas de la sociedad actual, desde la generación de energía eléctrica de en las centrales nucleares, hasta el diagnóstico mediante sencillos equipos de rayos X o sofisticados equipos de tomografía computarizada, pasando por el tratamiento médico de diversas enfermedades mediante radioterapia, y los distintos procesos industriales y actividades de investigación. Su utilidad es pues muy amplia y beneficiosa y, como contrapartida inherente a la naturaleza radiactiva, conlleva ciertos riesgos asociados al carácter ionizante de estas radiaciones. Por ello, es necesario el control y vigilancia de su utilización para asegurar que no afecten a la salud de las personas ni al medio ambiente

El curso de la UIMP "Salud y Protección Radiológica" ha resultado especialmente interesante. En el mismo han participado expertos de todos los ámbitos en el uso médico de las radiaciones ionizantes y de la protección radiológica en el sector sanitario que han presentado, cada uno desde su

Councilor Fernandez. Its objectives are to coordinate the different national R&D plans and programs and to participate in international programs, in an attempt to consistently guide the efforts of all the entities in the Spanish nuclear sector, from electric utilities to service companies, engineering firms, universities, research centers, the regulatory body and the Administration.

THE CSN IN THE PUBLIC INTEREST

The Nuclear Safety Council has participated, in the International University Menéndez y Pelayo (UIMP), in a course on medical applications of ionizing radiation. What are the most noteworthy facts about this scientific field?

In today's society, there are numerous applications of nuclear materials and ionizing radiation in different areas of daily life, from electric power generation in nuclear power plants to medical diagnosis with simple X-ray equipment or sophisticated computerized tomography machines, and also in different industrial processes and research activities. Therefore, ionizing radiation is widely and beneficially used but, as a drawback inherent in radioactivity, certain risks are involved because of the ionizing nature of the radiation. That is why its use must be controlled and monitored, to assure that it does not affect the health of people or the environment.

The UIMP course on "Health and Radiological Protection" has been especially interesting. In this course, experts from all fields in the medical use of ionizing radiation and radiological protection in the medical sector have presented, each from his own point of view, the advances in radiodiagnostic techniques and new radiotherapy equipment for the treatment of cancer patients, among other novelties.

It is important to note that these experts recognized that, at present, almost 50% of malignant tumors can be cured with a combination of several techniques, i.e., surgery, radiotherapy and chemotherapy. Their effectiveness is of the order of 25%, from 18 to 20% and 3%, respectively, according to the type of tumor and the stage of the cancer.

From the standpoint of radiological protection, it was generally agreed that the use of ionizing radiation in medicine is widely accepted and is a technique that is more beneficial than detrimental. However, it was acknowledged that the principle of Justification of the use of ionizing radiation is cause for some international concern, as is its daily application by prescribing physicians, radiologists and technical personnel who perform the radiological examinations and who should be knowledgeable about the doses used in the medical procedures and the risks involved for patients.

Therefore, the radiological protection of these patients, of workers and of members of the public is particularly relevant, and this includes management of the radioactive wastes from the medical practices that use pharmaceuticals with radioactive isotopes in nuclear medicine.

**Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear.
Councilor of the Nuclear Safety Council.**

punto de vista, por ejemplo, los avances en técnicas de radiodiagnóstico y los nuevos equipos de radioterapia para el tratamiento de enfermos oncológicos, entre otras novedades destacadas.

Es importante señalar que, dichos expertos reconocieron que en la actualidad, casi el 50 % de los tumores malignos tienen curación, con una combinación de varias técnicas, a saber, cirugía, radioterapia y quimioterapia, aportando una efectividad del orden de 25 %, entre el 18 y el 20 % y el 3 %, respectivamente para cada una de ellas y según sea el tipo de tumor y la etapa en la que se encuentre la enfermedad oncológica.

Desde el punto de vista de protección radiológica, fue ampliamente comentado que el uso de radiaciones ionizantes en medicina es ampliamente aceptado y constituye una actividad beneficiosa más que perjudicial. Sin embargo, se reconoció que es causa de cierta preocupación a nivel internacional el principio de Justificación del uso de las radiaciones ionizantes, y su aplicación diaria por parte de los médicos prescriptores, médicos radiólogos y personal técnico que realiza los exámenes radiológicos quienes deben tener un conocimiento de las dosis utilizadas en los procedimientos médicos y los riesgos que implican sobre los pacientes.

Por lo tanto, es particularmente relevante la protección radiológica de los dichos pacientes, de los trabajadores y de miembros del público, incluida la gestión de los residuos radiactivos procedentes de las prácticas médicas que utilizan fármacos con isótopos radiactivos en la medicina nuclear.



¿Cómo avanza el ámbito normativo en el campo de la protección radiológica con relación a las aplicaciones médicas de las radiaciones ionizantes?

Desde el punto de vista de nuestro marco normativo, la publicación del Real Decreto 815/2001, de 13 de julio, sobre justificación del uso de las radiaciones ionizantes para la protección radiológica de las personas con ocasión de exposiciones médicas, supuso la incorporación al ordenamiento jurídico español de la Directiva 97/43/Euratom, del Consejo, de 30 de junio, relativa a la protección de la salud frente a los riesgos derivados de las radiaciones ionizantes en exposiciones médicas.

Esta aplicación de la normativa tiene especial relevancia si se tiene en cuenta que las tendencias sociales asociadas a las prácticas médicas se han modificado radicalmente en las últimas décadas, incluso con una cultura consumista de determinados procedimientos médicos y prácticas que implican exposición a las radiaciones, y que consecuentemente conllevan a un aumento de dosis. Este escenario requiere

What is the status of legislation in the field of radiological protection in relation to medical applications of ionizing radiation?

From the perspective of our regulatory framework, the purpose of Royal Decree 815/2001 of July 13, on justification of the use of ionizing radiation for personal radiological protection on occasion of medical exposures, was to incorporate Council Directive 97/43/EURATOM of June 30, relative to the protection of health against the risks caused by ionizing radiation in medical exposures, into the Spanish legal system.

This application of the legislation is especially relevant if we consider that the social trends associated with medical practices have changed radically in the last few decades, even with a consumer culture of certain medical procedures and practices that involve exposure to radiation and that consequently entail an increased dose. This scenario requires an effort of coordination between prescribing physicians, radiologists and radiological protection technicians.

de un esfuerzo de coordinación entre médicos prescriptores, radiólogos y técnicos de protección radiológica.

La promoción de una “cultura” en protección radiológica entre los profesionales de la salud, los pacientes, las autoridades en salud pública, los reguladores, los legisladores y la sociedad en su conjunto es uno de los retos de futuro a los que tenemos que dar respuesta.

EL CSN Y FUKUSHIMA

Como consecuencia del accidente ocurrido en la central japonesa de Fukushima tras el terremoto y posterior tsunami sufrido por ese país el pasado mes de marzo, las autoridades europeas han establecido la necesidad de realizar pruebas de resistencia en las centrales nucleares, para garantizar su buen funcionamiento ante escenarios de máximo riesgo.

En este sentido, el CSN, de forma coordinada con los organismos europeos WENRA y ENSREG (*European Nuclear Safety Regulators Group*), ha definido el programa de pruebas de resistencia para reevaluar la seguridad de los sistemas de protección de las instalaciones nucleares españolas, con el fin de evidenciar los márgenes de seguridad existentes e incorporar las mejoras adicionales para mitigar accidentes por encima de las bases de diseño.

El Pleno del CSN emitió una primera Instrucción Técnica Complementaria (ITC), para que los titulares de las centrales nucleares españolas efectúen una reevaluación complementaria de los márgenes de seguridad de estas instalaciones a la luz de los eventos sucedidos en Fukushima. Es decir, se debe analizar un conjunto de situaciones extremas, como los fenómenos naturales extremos que pudieran poner en peligro las funciones de seguridad y que, eventualmente, pudieran llevar a una situación de accidente severo. Estas pruebas deberán poner de manifiesto la solidez de las medidas de protección de que disponen actualmente las centrales nucleares e identificar planes apropiados de mejora de la seguridad.

Las centrales deberán remitir el 15 de agosto de este año al CSN un informe preliminar de los análisis en curso, junto con la documentación correspondiente asociada, y el 31 de octubre enviarán al Consejo los resultados de dichos análisis, con la documentación de soporte correspondiente.

Además, el Pleno ha aprobado la segunda la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) para mitigar las consecuencias de determinados sucesos, de cualquier índole, a priori considerados como más allá de la base de diseño, y que podrían suponer la pérdida de grandes áreas de las centrales nucleares. Así el objeto y alcance de esta segunda ITC, que complementa a la primera, establece que los titulares de las instalaciones deberán adoptar medidas mitigadoras para extinguir fuegos de larga duración de origen externo y minimizar las previsibles consecuencias de explosiones de gran

The promotion of a radiological protection “culture” between health professionals, patients, public health authorities, regulators, legislators and society as a whole is one of the future challenges that we will have to address.

THE CSN AND FUKUSHIMA

As a result of the accident in the Japanese Fukushima nuclear power plant after the March earthquake and subsequent tsunami in this country, the European authorities have established the requirement of performing stress tests in the nuclear power plants, to guarantee good operation in the face of maximum risk scenarios.

Consequently, the CSN, in coordination with the European organizations WENRA and ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group), has defined the program of stress tests to reassess the safety of the protection systems in Spanish nuclear facilities, in order to provide proof of the existing safety margins and include additional improvements to mitigate beyond design basis accidents.

The CSN Plenary Session issued a first Complementary Technical Instruction (ITC) to the owners of the Spanish nuclear power plants for them to conduct a complementary reassessment of the safety margins in these facilities, in light of the events that occurred in Fukushima. In other words, a series of extreme situations, e.g. extreme natural phenomena that could endanger the safety functions and eventually lead to a situation of severe accident, should be analyzed. These tests should reveal the integrity of the protection measures currently implemented in the nuclear power plants and identify appropriate safety improvement plans.

The plants must send to the CSN a preliminary report of the assessments under way on August 15 of this year, together with the associated documentation, and on October 31 they will send to the CSN the results of those assessments, with the corresponding support documentation.

In addition, the Plenary Session has approved the second Complementary Technical Instruction (ITC) to mitigate the consequences of certain events, of any sort, considered a priori as beyond the design basis and which could cause the loss of large areas of the nuclear power plants. Thus, in the object and scope of this second ITC, which complements the first, it says that the owners of nuclear facilities must adopt mitigating measures

Consejero del Consejo de Seguridad Nuclear.
Councilor of the Nuclear Safety Council.

tamaño y, para garantizar las capacidades de refrigeración del núcleo y de la piscina de combustible gastado, y de la de la contención y la minimización de vertidos radiológicos al exterior.

Para la aplicación de esta nueva instrucción, las centrales deberán enviar al CSN, antes del 31 de diciembre de 2011, análisis que contenga un estudio de las acciones que se incluyen en la ITC, así como una propuesta que detalle las medidas a implantar y la programación de aplicación. Antes del 31 de diciembre de 2012, deberán haber implantado todas las medidas resultantes de la aplicación de esta ITC.

La normativa vigente requiere que las estructuras, sistemas y componentes vitales para la seguridad de las centrales sean diseñados considerando eventos sísmicos y otras situaciones adversas que vienen a ser recogidas en los análisis de seguridad que cubren ya una gran variedad de situaciones.

El alcance técnico de las pruebas de resistencia se ha definido teniendo en cuenta escenarios que se han producido en Fukushima, y en los que coinciden varios sucesos iniciadores (terremotos, inundaciones, pérdida de suministro eléctrico exterior, incendios y explosiones) y fallos múltiples con pérdidas de funciones de seguridad que han derivado en daños graves al combustible (en el núcleo y en la piscina de almacenamiento de combustible gastado).

Estas pruebas de resistencia sirven para reforzar la confianza en el sistema de seguridad, siempre bajo la premisa de la seguridad lo primero, para cumplir con la misión encomendada por la sociedad al Consejo de Seguridad Nuclear «proteger a los trabajadores, la población y el medio ambiente de los efectos nocivos de las radiaciones ionizantes, consiguiendo que las instalaciones nucleares y radiactivas sean operadas por los titulares de forma segura, y estableciendo las medidas de prevención y corrección frente a emergencias radiológicas, cualquiera que sea su origen».

to extinguish long lasting fires of an external origin and minimize the foreseeable consequences of large explosions, in order to assure the cooling capacities of the core, the spent fuel pool and the containment and minimization of radioactive releases to the exterior.

For application of this new instruction, the plants must send to the CSN an assessment that contains a study of the actions included in the ITC by December 31, 2011, as well as a proposal detailing the measures to be implemented and the application schedule. Before December 31, 2012, they should have implemented all the measures resulting from application of this ITC.

Current legislation requires that the structures, systems and components vital to plant safety be designed by considering seismic events and other adverse situations. These are addressed in the safety assessments, which now cover a wide range of situations.

The technical scope of the stress tests has been defined by taking into consideration scenarios that have occurred in Fukushima and in which several triggering events (earthquakes, floods, loss of outside power supply, fires and explosions) coincide with multiple failures with losses of safety functions that result in serious damage to the fuel (in the core and in the spent fuel storage pool).

These stress tests serve to strengthen trust in the safety system, always under the premise of safety first, in order to fulfill the mission entrusted by society to the Nuclear Safety Council: «protect workers, the population and the environment from the harmful effects of ionizing radiation, ensuring that nuclear and radioactive installations are safely operated by the owners and establishing preventive and corrective measures against radiological emergencies, whatever their origin».



AMS (Espectrómetro Magnético Alpha)

El instrumento científico AMS inicia su andadura en la Estación Espacial Internacional

El pasado 16 de mayo, a las 8:56 EDT, despegaba desde el *Kennedy Space Center* (KSC) la última misión espacial del trasbordador *Endeavour* con el instrumento AMS (Espectrómetro Magnético Alpha) a bordo. El 19 de mayo, a las 4:30 EDT, se completaba el trasvase de AMS desde la bodega de *Endeavour* hasta su posición definitiva en la Estación Espacial Internacional (ISS), en donde permanecerá como módulo externo hasta la desorbitación de la plataforma espacial en 2028. Una vez terminada esa operación se activó la toma de datos que, desde ese momento, se está realizando sin incidencias relevantes.

AMS es un instrumento construido con tecnologías desarrolladas para experimentos de física de partículas en laboratorios con grandes aceleradores, como por ejemplo el LHC (*Large Hadron*

Collider) del CERN, pero adaptadas a las agresivas condiciones medioambientales espaciales.

AMS medirá con una precisión sin precedentes las propiedades (masa, carga eléctrica, momento-energía) de los núcleos atómicos que forman la radiación

cósmica primaria, así como el momento-energía de electrones, positrones y rayos gamma. Estas medidas permitirán estudiar aspectos fundamentales acerca de la composición, confinamiento y propagación de la radiación cósmica, así como sobre el origen, estructura y evolución del Universo directamente desde el espacio y en particular buscará evidencias de antimateria primaria, materia oscura y materia extraña en la radiación cósmica.



© NASA or National Aeronautics and Space Administration.

The AMS Scientific Instrument Begins Its Mission on the International Space Station

On May 16 at 8:56 EDT, the *Endeavour* space shuttle took off from Kennedy Space Center (KSC) for its last space mission with the AMS instrument (Alpha Magnetic Spectrometer) on board. On May 19 at 4:30 EDT, the transfer of the AMS from the *Endeavour's* hold to its final position in the International Space Station (ISS) was completed; the AMS will remain there as an external module until the space station is de-orbited in 2028. Once the transfer operation was completed, the acquisition of data was enabled and since then it has proceeded without any relevant incidents.

AMS is an instrument built with technologies developed for particle physics experiments in laboratories with large accelerators, e.g. the CERN's LHC (*Large Hadron Collider*), but it has been adapted to the aggressive environmental conditions of outer space.

AMS will measure with an unprecedented accuracy the properties (mass, electric charge, energy-momentum) of the atomic nuclei that form primary cosmic rays, as well as the energy-momentum of electrons, positrons and gamma rays. These measurements will be used to study fundamental aspects of the composition, confinement

and propagation of cosmic radiation, as well as the origin, structure and evolution of the Universe, directly from space, and in particular to seek evidence of primary antimatter, dark matter and strange matter in cosmic radiation.

The AMS international collaboration, headed by Professor Samuel C.C. Ting of the Massachusetts Institute of Technology and Nobel Physics Prize winner in 1976, comprises 600 scientists from 56 institutions in 16 countries and includes researchers from the CIEMAT, the Canary Islands Institute of Astrophysics (IAC) and Public Research Centers supported by the Ministry of Science and Innovation.

noticias CIEMAT

AMS (Alpha Magnetic Spectrometer)



Equipo AMS-CIEMAT.
AMS-CIEMAT Group.

La colaboración internacional AMS, dirigida por el Profesor Samuel C.C. Ting del Instituto Tecnológico de Massachusetts y premio Nobel de Física 1976, cuenta con 600 científicos de

56 instituciones en 16 países, entre los que se encuentran investigadores del CIEMAT y del Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC), Organismos Públicos de Investigación dependientes del Ministe-

rio de Ciencia e Innovación. También se han utilizado recursos humanos y materiales del CEDEX, Ministerio de Fomento, y del INTA, Ministerio de Defensa. Este proyecto ha contando con la importante participación de las empresas del sector espacial CRISA-EADS e IberEspacio.

La participación española, liderada por el CIEMAT, se ha concentrado en la construcción de un detector basado en el efecto Cherenkov, en el desarrollo del sistema de control para un imán superconductor y en las relaciones internacionales, en particular con el CERN en donde se ha realizado la fase final de integración y pruebas del instrumento y en donde se ha instalado el Centro de Operación y Control y el Centro Científico.

AMS es el primer experimento de gran tamaño, precisión espacial y temporal y alta capacidad de identificación de los componentes de la radiación cósmica, que va a estar en el espacio entre 15 y 20 años. Su potencial científico es realmente único.



© NASA or National Aeronautics and Space Administration

Human and material resources from CEDEX, the Ministry of Public Works and INTA (Ministry of Defense) have also been used. The space industry companies CRISA-EADS and IberEspacio have also actively taken part in this project.

The Spanish participation, led by the CIEMAT, has focused on construction of a detector based on the Cherenkov effect, development of the control system for a superconductor magnet and international relations, in particular with the CERN where the final instrument integration and testing phase was carried out and where the Operation & Control Center and the Scientific Center were installed.

AMS is the first large-scale experiment of spatial and temporal precision and with a high capacity to identify the components of cosmic radiation that is going to be in space for 15 to 20 years. Its scientific potential is truly unique.

Sixto Malato premiado con el Jaime I de Protección del Medio Ambiente

El premio Rey Jaime I de Protección del Medio Ambiente ha sido concedido al investigador de la Plataforma Solar de Almería, Sixto Malato, doctor en Ciencias Químicas, y subdirector del CIESOL (Centro de Investigación de la Energía Solar, Centro Mixto Universidad de Almería-PSA.CIEMAT). Este premio, patrocinado por la Fundación Iberdrola, se otorga al investigador cuyos trabajos supongan una mejora del entorno ecológico. En este caso, y según destacó el jurado que dirime el Premio Rey Jaime I, se concede “por su trayectoria científica en la utilización de la energía solar para el tratamiento y la descontaminación de aguas”

Sixto Malato trabaja en el ámbito de la detoxificación y desinfección de agua, y su equipo ha desarrollado aplicaciones para eliminar elementos tóxicos del agua mediante fotocatalisis. Entre otros proyectos de investigación, aborda el desarrollo de tecnología para la desinfección de agua destinada al consumo



Sixto Malato.
Sixto Malato.

humano en zonas rurales en países en vías de desarrollo utilizando la energía solar.

Los investigadores que han obtenido los premios Rey Jaime I en las restantes categorías han sido: Dr. Carlos Simón, del Instituto Valenciano de Infertilidad y director científico del Centro de Investigación Príncipe Felipe de Valencia, premio de Investigación Médica; Dr. Óscar Marín, del Instituto de Neurociencias de Alicante (CSIC-Universidad Miguel Hernández de Elche), premio de Investigación Básica; Dr. Daniel Peña, investigador de la Universidad Politécnica de

Madrid, en la categoría de Economía; Dra. M^a José Alonso, premio Nuevas Tecnologías; y José Javier Chamorro, ingeniero Industrial y de Telecomunicaciones, socio fundador de Centum, empresa tecnológica, al Emprendedor 2011. El presidente de la Fundación Premios Rey Jaime I, Santiago Grisollá, fue el encargado de dar a conocer los nombres de los investigadores galardonados. El prestigioso premio Rey Jaime I cuenta con un jurado del que forman parte 19 premios Nobel que han tenido que decidir entre unas doscientas candidaturas.

RECTA 2011

Se ha celebrado en Madrid, entre el 27 y el 29 de junio, la V Reunión de la Asociación Española de Ciencia y Tecnología de Aerosoles, RECTA 2011. La edición de este año estuvo precedida por la III Escuela de Verano, ambas realizadas en las instalaciones del CIEMAT en Madrid, en su calidad de entidad organizadora de los eventos.

La reunión contó con más de cien expertos, tanto nacionales como internacionales, de una gran variedad de campos

Sixto Malato Awarded the Jaime I Prize for Environmental Protection

The Rey Jaime I prize for Environmental Protection has been awarded to Almería Solar Platform researcher Sixto Malato, Doctor of Chemical Sciences and deputy director of CIESOL (Solar Energy Research Center, University of Almería-PSA.CIEMAT Mixed Center). This prize, sponsored by the Iberdrola Foundation, is awarded to the researcher whose work helps to improve the ecological environment. In this case, and as the panel of judges emphasized, the prize was awarded “for his scientific career in the use of solar energy to treat and decontaminate water”.

Sixto Malato works in the field of water detoxification and disinfection, and his team has developed applications

to eliminate toxic elements from water via photocatalysis. His other research projects include the development of technology for disinfection of water intended for human consumption in rural areas in developing countries using solar energy.

The researchers who have been awarded the Rey Jaime I prizes in the other categories are: Dr. Carlos Simón from the Valencia Institute of Infertility and scientific director of the Principe Felipe Research Center in Valencia, prize for Medical Research; Dr. Oscar Marin from the Neurosciences Institute of Alicante (CSIC-Miguel Hernandez University of Elche), prize for Basic Research; Dr. Daniel Peña, researcher of the Madrid Polytechnic University, in the Economics category; Dr. Maria Jose Alonso, New Technologies Prize; and Jose Javier Chamorro, Industrial and

Telecommunications Engineer, founding partner of Centum, a technology enterprise, 2011 Entrepreneur. The president of the Rey Jaime I Prizes Foundation, Santiago Grisollá, was in charge of announcing the names of the prize-winning researchers. The panel of judges of the prestigious Rey Jaime I prize was formed by 19 Nobel Prize winners, who had to decide between some two hundred candidatures.

RECTA 2011

The 5th Meeting of the Spanish Association of Aerosol Science and Technology –RECTA 2011– was held in Madrid on June 27-29. This year’s meeting was preceded by the 3rd Summer School, and both events took place in the CIEMAT facilities in Madrid, in its capacity as sponsor and organizer.



Medidores en el recinto de las Escuelas Aguirre, en Madrid.
Meters on the grounds of the Escuelas Aguirre in Madrid.

científicos y técnicos en los que se desarrolla esta ciencia. Las ponencias de los participantes, expertos tanto nacionales como internacionales, resultaron relevantes y fueron representativas del estado actual del arte en este campo.

Las sesiones científicas estuvieron estructuradas en torno a los varios temas: Dinámica y fundamentos de aerosoles; Aerosoles atmosféricos; Instrumentación; Combustión; Modelización/Aerosoles nucleares; Nanopartículas/ Electropray; y Efectos de los aerosoles en la salud.

El Comité organizador local de RECTA2011, dirigido por Begoña Artiñano y Francisco Gómez Moreno, estuvo constituido por la Unidad de Caracterización de la Contaminación Atmosférica, del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT.

Esta reunión resultó un foro de encuentro de los grupos que trabajan en temas relacionados con los aerosoles, de los ambientales a los nucleares, de los experimentales a los teóricos, de los científicos a los tecnológicos. El CIEMAT, con presencia en muchos de estos campos,

es un claro exponente de esta aproximación multidisciplinar que se ha seguido en el desarrollo de la ciencia y tecnología de aerosoles, como se puso de manifiesto en la Conferencia de Clausura de la reunión, que estuvo a cargo de Manuel Martín Espigares, quien realizó en su exposición un recorrido histórico sobre las actividades del CIEMAT y su evolución en el campo de los aerosoles.

Visita a la PSA de un consejero del Emir de Sharjah

La Plataforma Solar de Almería recibió en sus instalaciones, a principios de mayo, al Dr. Amr Abdel-Hamid, consejero especial de Su Alteza el Emir de Sharjah (EAU) para asuntos de Educación Superior.

La PSA está reconocida como el mayor centro experimental de energía solar térmica del mundo, con instalaciones de I+D que son referencia en la investigación dirigida hacia la producción eléctrica, en primer lugar, pero también hacia la desalinización, la detoxificación y la desinfección. El Dr. Abdel-Hamid se interesó particularmente por las instalaciones de

The Meeting was attended by more than one hundred national and international experts from a wide range of scientific and technical fields in which this scientific discipline is developed. The guest speakers, who carefully represented the national and international scientists, gave interesting talks representative of the current state of the art in this field.

The scientific sessions were based on several subjects: Dynamics and fundamentals of aerosols; Atmospheric aerosols; Instrumentation; Combustion; Modeling/Nuclearaerosols; Nanoparticles / Electropray; and Effects of aerosols on health.

The members of the local steering committee of RECTA 2011, chaired by Begoña Artiñano and Francisco Gomez Moreno, were from the Air Pollution Characterization Unit of the CIEMAT Environment Department.

This meeting served as a forum for groups that work in fields related to aerosols, from ambient to nuclear, experimental to theoretical and scientific to technological. The CIEMAT, which has a presence in many of these fields, is a clear example of this multidisciplinary approach that has been used in the development of aerosol science and technology. This was explained in the meeting's Adjournment Address by Manuel Martin Espigares, who described the history of the CIEMAT's activities and their evolution in the field of aerosols.

Visit to the PSA by an Adviser of the Emir of Sharjah

The Almería Solar Platform (PSA) was visited in early May by Dr. Amr Abdel-

Hamid, special adviser for Higher Education affairs to His Highness the Emir of Sharjah (UAE).

The PSA is recognized as the leading experimental thermal solar energy center in the world, with R&D facilities that are a reference in research that is primarily focused on electric power production, but also on desalination, detoxification and disinfection. Dr. Abdel-Hamid was particularly interested in the test facilities for solar concentrator technology, and specifically in the linear Fresnel collector technology.

Dr. Abdel-Hamid also thought it would be of great interest to establish joint activities for the training of technicians from his Emirate in the PSA facilities.

Dr. Abdel-Hamid, who was accompanied by representatives of the Euro-Arab Institute for Education and Training Foundation and the Enterprise-University

ensayo para tecnología solar de concentración, en concreto por la de los colectores de tipo “Fresnel-lineal”.

En otro plano, el Dr. Abdel-Hamid consideró de gran interés el establecimiento de actividades conjuntas para la formación de técnicos de su emirato en las instalaciones de la PSA.

El consejero, que estuvo acompañado por representantes de la Fundación Instituto Euroárabe de Educación y Formación, así como de la Fundación General Universidad de Granada-Empresa, fue recibido en las instalaciones de la Plataforma Solar de Almería por el Director de la misma, Diego Martínez, y por Francisco Martín-Morillas, que acompañaron al grupo, proporcionándoles la información detallada que precisaban en cada momento, además de exponerles una panorámica general de la actividad desarrollada en el centro de investigación que dirige.

ECOHABITAT 2011, Jaén sede de la eficiencia energética

Los pasados 7 a 9 de abril, más de 50 expositores y cerca de 3000 visitantes,

podieron observar las últimas novedades de los proyectos sobre Arquitectura Bioclimática y Alta Eficiencia Energética en Edificios desarrolladas por la Unidad de Eficiencia Energética en la Edificación (UIE3) del CIEMAT.

Ecohabitát, Salón de la Arquitectura, Urbanismo y Climatización Sostenibles, pretende mostrar a la sociedad todos aquellos aspectos, tanto proyectos, como iniciativas, materiales, etc., que se desarrollan en este ámbito para conseguir un hábitat sostenible. Este evento se celebró en el Recinto Provincial de Ferias y Congresos de Jaén.

El CIEMAT en esta ocasión estuvo presente con un stand que presentaba tanto el Proyecto Singular y Estratégico Arfrisol, como el proyecto del Plan E-Envite, en ambos casos se trata de arquitectura bioclimática y frío solar; ambos han llamado la atención al público asistente, así como a la prensa local. Maquetas estáticas e interactivas, junto a posters explicativos y documentación del centro han servido para acercar al público jienense las diferentes actividades del CIEMAT en el sector de las energías renovables.



Stand del CIEMAT en ECOHABITAT.
Stand of the CIEMAT in ECOHABITAT.

Un grupo de expertos del CEA francés visita la PSA

Un grupo de expertos del *Commissariat à l'Énergie Atomique* (CEA) francés, visitó a finales de abril las instalaciones de la Plataforma Solar de Almería (PSA), encabezado por la Dra. Nicole Mermilliod, directora del Programa “Nouvelles Technologies de l'Énergie”. El grupo estaba fundamentalmente interesado en las instalaciones de ensayo para tecnología solar de concentración de las que dispone la PSA; el director de la misma, Diego Martínez, acompañó a los

of Granada General Foundation, was welcomed by the Director of the Almería Solar Platform, Diego Martinez, and by Francisco Martin-Morillas. They gave the group a tour and provided the detailed information they requested at all times, as well as an overview of the activities carried out in this research center.

ECOHABITAT 2011: Jaén the Venue for Energy Efficiency

On April 7-9, more than 50 exhibitors and nearly 3,000 visitors were able to learn about the latest innovations in projects on Bioclimatic Architecture and High Energy Efficiency in Buildings developed by the Energy Efficiency in Buildings Unit (UIE3) of the CIEMAT.

ECOHABITAT – a Sustainable Architecture, Urban Development and

Climatization Show – aims to show society all the projects, initiatives, materials, etc. that are developed in this field to build sustainable habitats. This event was held on the Provincial Fairgrounds of Jaén.

The CIEMAT was present on this occasion with a stand that displayed both the ARFRISOL Singular and Strategic Project and the Plan E-ENVITE project, both involving bioclimatic architecture and solar cooling. Both projects drew the attention of the general public and the local press. Static and interactive mockups, together with explanatory posters and documents, helped to inform the people from Jaén about the different activities carried out in the CIEMAT in the field of renewable energies.

A Group of Experts from the French CEA Visits the PSA

A group of experts from the Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) of France visited the facilities of the Almería Solar Platform (PSA) in late April. The group was headed by Dr. Nicole Mermilliod, Director of the “Nouvelles Technologies de l'Énergie” Program. The group was primarily interested in the PSA test facilities for solar concentrator technology. The PSA director, Diego Martinez, accompanied the visitors and provided information on the R&D activities carried out in the Almería Solar Platform, in particular on the linear Fresnel arrays and accelerated aging of materials for solar receptors.

Dr. Mermilliod briefly presented the solar energy research program promoted by the CEA in its R&D center in Cadarache.

On occasion of this visit, possible

visitantes, proporcionándoles información sobre las actividades de I+D desarrolladas en la Plataforma Solar de Almería, en particular sobre los sistemas de tipo “Fresnel lineal” y el envejecimiento acelerado de materiales para receptores solares.

La Dra. Mermillod presentó brevemente el programa de investigación en energía solar que promueve el CEA en su centro de I+D en Cadarache.

Con ocasión de esta visita se han podido detectar posibles vías de colaboración entre ambos organismos, CEA y CIEMAT, aprovechando que ambas instituciones pertenecen a asociaciones europeas tales como InnoEnergy o EERA.

Aprobación en el seno de EERA de un programa conjunto sobre tecnología solar de concentración

El Comité Ejecutivo de la “Alianza europea para la investigación en materia energética” (EERA, en sus siglas en inglés) se reunió el pasado 13 de abril, en Bruselas. Reunión en la que se aprobó el programa conjunto sobre tecnología solar de concentración, una gran apuesta de

la EERA que será liderada por la Plataforma Solar de Almería, centro territorial del CIEMAT.

EERA nació con el objetivo de agilizar el desarrollo de nuevas tecnologías energéticas necesarias para que Europa afronte el triple reto que suponen el cambio climático, la seguridad energética y la competitividad. A través de EERA se diseñarán y pondrán en práctica programas paneuropeos conjuntos de investigación y promoverán el uso común de instalaciones científicas nacionales del máximo nivel.

En la reunión de abril, en la que estuvo presente el director general del CIEMAT, Cayetano López, la Plataforma Solar de Almería presentó la propuesta de un nuevo programa conjunto de EERA sobre tecnología solar de concentración, liderado por el CIEMAT a través de la PSA, que fue aprobado por el Comité. El programa, presentado por el Director de la PSA, Diego Martínez, se estructura en cuatro subprogramas temáticos: energía solar concentrada y desalinización, almacenamiento de energía térmica, envejecimiento acelerado de materiales y, producción de combustibles solares por la vía termoquímica.

El resto de instituciones participantes en este programa conjunto son: IMDEA (Instituto Madrileño de Estudios Avanzados), DLR (German Aerospace Center), ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development), CNRS (Centre National de la Recherche Scientifique), CEA (Commissariat à l'Énergie et aux énergies Alternatives), PSI (Paul Scherrer Institut), Fraunhofer, LNEG (National Energy and Geology Lab) y la Universidad de Palermo.

Firmado un convenio para recuperar la escombrera de Arlanza

Los directores generales del CIEMAT y de la Fundación Ciudad de la Energía (CIUDEN), respectivamente, Cayetano López y José Ángel Azuara, y el presidente del Consejo Comarcal, José Luis Ramón, firmaron el 16 de mayo un convenio “para la dirección científica, supervisión y ejecución de la restauración del complejo de Escombreras”. Esta zona, situada en el término municipal de Arlanza (Bembibre) tiene una extensión de cuatro hectáreas.

channels of collaboration between the two organizations – CEA and CIEMAT – were discussed, seeing as both institutions belong to European associations such as InnoEnergy and EERA.

EERA Approves a Joint Program on Solar Concentrator Technology

The Executive Committee of the “European Energy Research Alliance” (EERA) held a meeting last April 13 in Brussels to approve the joint program on solar concentrator technology, an important venture of the EERA that will be headed by the Almería Solar Platform, a territorial center of the CIEMAT.

EERA was founded to accelerate the development of new energy technologies that are required for Europe to confront

the triple challenge of climate change, energy security and competitiveness. The EERA will design and implement joint Pan-European research programs and promote the common use of leading national scientific facilities.

In the April meeting, attended by the Director General of the CIEMAT, Cayetano Lopez, the Almería Solar Platform presented the proposal for a new joint EERA program on solar concentrator technology to be headed by the CIEMAT through the PSA. The Committee approved the program, which was presented by the PSA Director, Diego Martínez, and is structured around four thematic subprograms: Concentrated solar energy and desalination, Thermal energy storage, Accelerated material aging, and Solar fuel production via thermochemistry.

The other institutions taking part in this joint program are: IMDEA (Madrid

Institute of Advanced Studies), DLR (German Aerospace Center), ENEA (Italian National Agency for New Technologies, Energy and Sustainable Economic Development), CNRS (Centre national de la recherche scientifique), CEA (Commissariat à l'énergie et aux énergies alternatives), PSI (Paul Scherrer Institute), Fraunhofer, LNEG (National Energy and Geology Lab.) and the University of Palermo.

An Agreement Signed to Restore the Arlanza Slag Heap

The Directors General of the CIEMAT and the Ciudad de la Energía (CIUDEN) Foundation, Cayetano Lopez and Jose Angel Azuara, respectively, and the President of the regional council, Jose



Escombrera Arlanza.
Arlanza Slag Heap.

El CIEMAT asumirá la dirección científica y la coordinación general, teniendo como fundamento los principios de la fidelidad ecológica: replicación estructural, éxito funcional y durabilidad. El convenio tiene una proyección social, ya que pretende mejorar las condiciones de vida de la población directamente afectada por los trabajos de recuperación. Por su parte, CIUDEN asume la dirección técnica y la coordinación de tareas, así como los gastos de trabajos, servicios y materiales. El Ayuntamiento de Bemibre tramitará los permisos que precise la ejecución del proyecto y realizará la contratación de trabajadores.

La duración del proyecto es de cuatro años y se realizará siguiendo cuatro fases (una por año), contando cada una de ellas con su correspondiente monitorización: acondicionamiento de las escombreras, aplicación de enmiendas orgánicas y reintroducción del banco de semillas; replantación del estrato arbustivo, labores de corrección; replantación del estrato arbóreo; y, labores de corrección y reposición de marras.

La Universidad de Extremadura acoge el Planetario de CETA-CIEMAT

El Planetario del Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas (CETA-CIEMAT) se instaló en el Pabellón V Centenario del campus de Cáceres, la actividad fue organizada por la Escuela Politécnica, encuadrada en la Semana del Centro y que permitió asistir a los interesados a las distintas sesiones del Planetario los días 9 a 11 de mayo.

El Planetario abrió sus puertas para sesiones de media hora, según el calendario que podía consultarse en la web de la Escuela Politécnica. Las sesiones

abarcaron no se restringían al Planetario, sino que se realizaron presentaciones relacionadas con investigaciones científicas o con divulgación científica en general, destinada al gran público, con temas como el espacio, el medioambiente, la astronomía, entre otros.

La cúpula del Planetario permite la proyección de vídeos full dome, de forma que la sensación de inmersión durante la proyección se acentúa. En las sesiones se alterna la proyección en 360° y la proyección de documentales o muestras del espacio, el sistema solar, etc. En total se realizaron 28 sesiones, con 723 visitantes en total.

Genera 2011

En la presente edición de Genera, la Feria Internacional de Energía y Medio Ambiente, el CIEMAT ha participado con un stand que presentaba especialmente dos proyectos, PSE-Arfrisol y PLAN E Envite, coordinados por la Unidad de investigación sobre eficiencia energética en la edificación.

Esta edición ha destacado por su carácter tecnológico y en ella el sector de la climatización, presente en el sector



Escombrera Arlanza.
Arlanza Slag Heap.

Luis Ramón, signed an agreement on May 16 "for the scientific management, supervision and execution of the Restoration of the Escombreras Complex". This site, located in the municipal district of Arlanza (Bembibre), has a surface area of 4 hectares.

The CIEMAT will be responsible for the scientific management and general coordination, based on the principles of

ecological fidelity: structural replication, functional success and durability. The agreement has a social element, as it aims to improve the living conditions of the population directly affected by the restoration works. CIUDEN will be responsible for technical management and task coordination, as well as for the costs of works, services and materials. The Bemibre City Council will obtain the permits required for project execution and will hire the workers.

The project will last four years and will be done in four phases (one per year), and each phase will have its corresponding monitoring work: reconditioning of the slag heaps, application of organic amendments and reintroduction of seed banks; replanting of the shrub stratum, corrective works; replanting of the arboreal stratum; and corrective work and replacement of failed plants.

The University of Extremadura Hosts the CETA-CIEMAT Planetarium

The Planetarium of the Extremadura Advanced Technologies Center (CETA-CIEMAT) has been installed in the 5th Centennial Pavilion of the Cáceres campus. On occasion of the event, organized by the Polytechnic School, the public was invited to attend the Planetarium's sessions between May 9 and 11.

The Planetarium opened its doors for half-hour sessions, according to the timetable that was posted on the Polytechnic School's website. The sessions not only were about the Planetarium, as presentations were made on scientific research or scientific information in general aimed at the

terciario y residencial, ha tenido un notable protagonismo, a pesar de haberse desarrollado en el mes de marzo pasado una feria específica bajo el epígrafe “climatización”.

En el stand del CIEMAT se proporcionaba información general del Centro y específica de los proyectos PSE-Arfrisol y PLAN E-Envite, siempre con el objetivo de acercar las actividades del centro a los profesionales de otras áreas como la fotovoltaica o la biomasa. En el stand, gracias a una pantalla interactiva con información sobre las estrategias bioclimáticas empleadas en los edificios de los respectivos proyectos, además de carteles y documentación explicativos, se proporcionaba información detallada. Otro de los objetivos alcanzados a través de la presencia en Genera de un stand del CIEMAT fue el establecimiento de contactos editoriales con revistas especializadas del sector de la construcción.

Los investigadores del CIEMAT también estuvieron presentes en las Jornadas Genera, en concreto en la jornada dedicada a la minieólica, con participación de Enrique Soria y Luis Cano; en la dedicada a la solar termoeléctrica, con

la intervención de Ramón Gavela, director del Departamento de Energía, y Félix Téllez; y en la jornada de energía eólica de media potencia con la participación de Ignacio Cruz, de la Unidad de Energía Eólica.

Además, destacados investigadores del CIEMAT participaron en las jornadas de transferencia de tecnología organizadas por la Oficina de Transferencia de Tecnología del CIEMAT en colaboración con Madri+D.

Jornada informativa sobre Convocatorias 2012 del VII Programa Marco

El pasado 17 de mayo tuvo lugar, en el salón de actos del CIEMAT, una jornada informativa sobre convocatorias del 2012 de la temática de Energía del 7º Programa Marco de la Unión Europea. Esta jornada, encuadrada en el programa de actividades de la Oficina de Proyectos Europeos del CIEMAT, contó con la presencia de Gonzalo León, vicerrector de la UPM, de Borja Izquierdo y Javier García, del CDTI, y de Mercedes

Ballesteros y Sylvia Núñez, del CIEMAT. La inauguración corrió a cargo del director del Departamento de Energía, Ramón Gavela.

En dicha jornada, se expuso la evolución del 7º Programa Marco y se dieron algunos apuntes sobre el futuro Programa Marco. Asimismo, se presentaron las oportunidades de participación del CIEMAT en la convocatoria de Energía prevista para el 20 de julio de este año. Por parte del CDTI se identificaron las líneas de apoyo a la participación que se ofrecen desde esa Institución, y se relató la experiencia derivada de la participación del grupo de



Jornada informativa.
Informative meeting.

general public, with subjects such as space, environment, astronomy, etc.

The Planetarium's dome is designed for the projection of full dome videos, which accentuates the sensation of total immersion. During the sessions, 360º projection is alternated with the projection of documentaries with images of space, the solar system, etc. In all, there were 28 sessions with 723 visitors.

Genera 2011

In the latest edition of Genera, the Energy and Environment International Trade Fair, the CIEMAT has taken part with a stand that paid special attention to two projects: PSE-ARFRISOL and PLAN E-ENVITE, coordinated by the Energy Efficiency in Buildings research unit.

This edition of the trade fair has had a strong technological bent, and climatization,

which is present in the tertiary and residential sector, has played a leading role, even though there was a specific trade fair in March under the name of “Climatization”.

The CIEMAT stand provided general information on the Center and specific information on the PSE-ARFRISOL and PLAN E-ENVITE projects, always for the purpose of informing professionals from other fields, such as photovoltaic and biomass energy, about the activities of the center. The stand had an interactive screen with information on the bioclimatic strategies used in the buildings of the respective projects, as well as explanatory posters and documents with detailed information. Another objective that the CIEMAT achieved with its stand in Genera was the establishment of editorial contacts with specialized journals in the construction sector.

The CIEMAT researchers were also present in the Genera symposiums,

specifically in the one on mini-wind power in which Enrique Soria and Luis Cano took part; in the one on thermal solar energy with the participation of Ramon Gavela, Director of the Energy Department, and Felix Téllez; and in the symposium on medium-power wind turbines with the participation of Ignacio Cruz of the Wind Power Unit.

In addition, leading researchers of the CIEMAT took part in the technology transfer conferences organized by the CIEMAT Office of Technology Transfer in collaboration with Madri+D.

Informative meeting on the 2012 calls for the 7th Framework Program

On May 17, an informative meeting was held in the CIEMAT auditorium on the 2012 Energy calls for the European Union

investigación de biomasa en dicho Programa Europeo. Por último, se presentó la Oficina de Proyectos Europeos del CIEMAT (OPE).

Miguel Ángel Sánchez de Mora, responsable de la Oficina de Transferencia de Tecnología de la que depende orgánicamente la OPE, clausuró el acto.

BIOGRACE

El ámbito del proyecto Biograce, financiado por el Programa de Energía Inteligente, es el relativo a los cálculos armonizados de las emisiones de gases de efecto invernadero de biocarburantes en Europa, y ello debido a la necesaria trasposición a la normativa española de dos directivas europeas, la Directiva de Energías Renovables (2009/28/EC, DER) y la Directiva de Calidad de combustibles (2009/30/EC), según las cuales debe reducirse la emisión de gases de efecto invernadero de los biocarburantes hasta un 50 % en 2017 y un 60 % en 2018 para biocombustibles producidos en nuevas instalaciones.

En el CIEMAT se celebró, el 1 de junio pasado, una jornada de trabajo sobre



Foto de grupo de los participantes en la jornada BIOGRACE.
Group picture of the attendees to the BIOGRACE meeting.

este proyecto, con la que se pretendía dar a conocer a los asistentes la potencia de la herramienta desarrollada en Biograce en cuanto al cálculo –armonizado– de las emisiones de gases de efecto invernadero que se producen en las distintas cadenas de producción de los biocarburantes. Biograce es transparente al mostrar la obtención de los valores por defecto y la elaboración de la lista de valores estándar para los cálculos de las emisiones de gases de efecto invernadero; los valores

estándar son imprescindibles para poder contrastar valores de distinta procedencia y establecer criterios homogéneos para introducir mejoras en las cadenas de producción.

En la jornada estuvieron presentes distintos responsables del CIEMAT, así como representantes de las entidades encargadas de la transposición de las directivas en España, Portugal e Italia, que expusieron sus respectivas experiencias.

7th Framework Program. This meeting, included in the program of activities of the CIEMAT European Project Office, was presided over by Gonzalo León, Vice-Rector of the UPM, Borja Izquierdo and Javier García of the CDTI, and Mercedes Ballesteros and Sylvia Nuñez of CIEMAT. Ramón Gavela, Director of the Energy Department, inaugurated the meeting.

This meeting discussed the evolution of the 7th FP and the outlook for the future Framework Program. The opportunities for the CIEMAT to take part in the Energy call scheduled for July 20 of this year were also described. The CDTI identified the channels of support offered by this institution to participate in projects and described the experience gained by the biomass research group in this European program. Finally, the CIEMAT European Project Office (OPE) was presented.

Miguel Ángel Sanchez de Mora, head of the Technology Transfer Office to which the OPE reports, adjourned the meeting.

BIOGRACE

The scope of project BIOGRACE, funded by the Smart Energy Program, involves harmonized calculations of biofuel greenhouse gas emissions in Europe. It is related to the need to transpose two European directives to Spanish legislation: the Renewable Energy Directive (2009/28/EC, RED) and the Fuel Quality Directive (2009/30/EC), according to which the emission of greenhouse gases from biofuels should be reduced by up to 50% by 2017, and by 60% by 2018 for biofuels produced in new installations.

On June 1, a workshop on this project was held in the CIEMAT. The purpose of the meeting was to inform the attendees of the powerful tool developed by BIOGRACE for

harmonized calculation of the greenhouse gas emissions produced by the different biofuel production pathways. BIOGRACE makes transparent how the default values are obtained and elaborates a list of standard values for greenhouse gas emission calculations. The standard values are essential to be able to compare values from different sources and establish harmonized criteria to make improvements in production pathways.

Several executives from the CIEMAT were present in the meeting, as well as representatives from the entities in charge of transposing the directives in Spain, Portugal and Italy, who explained their respective experiences.

Hibiosóleo

Project Hibiosóleo will be developed by the CIEMAT through its territorial

Hibiosóleo

El CIEMAT, a través de su centro territorial en Almería, la PSA (Plataforma Solar de Almería), en colaboración con la Universidad Politécnica de Madrid y dos empresas, desarrollará el proyecto Hibiosóleo, cuya primera fase será la construcción de una planta de hibridación solar-biomasa que se espera esté disponible a principios de 2012. La potencia prevista será de unos 300 kilovatios.

El presupuesto global del proyecto alcanza un total de 12 millones de euros. La primera fase se desarrolla en la PSA con una inversión de unos 2,5 millones de euros, financiados por el Ministerio de Ciencia e Innovación. La planta de hibridación solar-biomasa será inteligente y estará totalmente automatizada, siendo controladas las proporciones de biomasa y radiación solar utilizada por sus sistemas de control. En esta fase experimental se desarrollarán métodos y se realizarán experiencias que permitan optimizar el rendimiento de la planta para, en una segunda fase, pasar a la planta de demostración, de mayor potencia, que se ubicará en España en un

enclave aún por determinar. Se pretende desarrollar tecnología con fondos nacionales y en el ámbito de un consorcio público-privado, también nacional, que pueda ser exportable y comercializable en un futuro, a nivel internacional.

El CETA-CIEMAT estrena un cortometraje de divulgación científica

En el Planetario del Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas, CETA-CIEMAT, se estrenó a finales de abril el cortometraje "Tras la pista de la energía", primero de los documentales "full dome" producido por el CIEMAT. Este documental pretende acercar, de manera didáctica y amena la ciencia al gran público, mostrando a través de experimentos algunos conceptos fundamentales de la Termodinámica.

"Tras la pista de la energía", ha sido realizado en el sistema "full dome" o sea, de inmersión, en el que el público tiene la sensación de estar "dentro" de la imagen proyectada en la cúpula del planetario (360°).

El cortometraje ha sido cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Re-



Carátula de la película full dome del Planetario CETA-CIEMAT.

Title page of the CETA-CIEMAT Planetarium full dome film.

gional (FEDER) y fue seleccionado para proyectarse en el Immersive Fil Festival de Espinho (Portugal) y el Fulldome Festival de Jena (Alemania).

Con esta iniciativa se sigue trabajando en la divulgación científica emprendida por el CETA-CIEMAT que pone a disposición del público, de forma gratuita todos los jueves, viernes y sábados, la instalación del Planetario en su sede en Trujillo, Cáceres.

center in Almería (Almería Solar Platform – PSA) and in collaboration with the Madrid Polytechnic University and two companies. The first phase of the project will be construction of a solar-biomass hybridization plant that is due to be ready in early 2012. The planned power is some 300 kilowatts.

The total project budget amounts to 12 M. The first phase will be developed in the PSA with an investment of some 2.5 M, funded by the Ministry of Science and Innovation. The solar-biomass hybridization plant will be intelligent and fully automated, with regulation of the proportions of biomass and solar radiation used by its control systems. Methods will be developed and experiments conducted during this experimental phase to optimize the plant's performance in order to pass on to a second phase, with a more powerful

demonstration plant that will be located in Spain at a still undetermined site. The aim is to develop technology with national funds, under the auspices of a national public-private consortium, which can be exported and marketed in the future on an international scale.

The CETA-CIEMAT Premieres a Short Scientific Film

In the Planetarium of the Extremadura Advanced Technologies Center, CETA-CIEMAT, a short film titled "On the trail of energy" was premiered in late April. This is the first of the "fulldome" documentaries produced by the CIEMAT, and it is intended to teach science to the general public in an entertaining way, using experiments to demonstrate some fundamental concepts of Thermodynamics.

"On the trail of energy" has been produced in the "fulldome", i.e. immersion, system,

whereby the public has the sensation of being "inside" the image projected on the planetarium dome (360°).

The documentary has been jointly funded by the European Regional Development Fund (ERDF) and was selected to be shown in the Immersive Film Festival of Espinho (Portugal) and the Fulldome Festival of Jena (Germany).

This initiative is a continuation of the work on scientific dissemination undertaken by the CETA-CIEMAT, which makes available to the public, for free, the Planetarium at its facilities in Trujillo, Cáceres every Thursday, Friday and Saturday.

Visit of a delegation from India to the CIEMAT

Last June, a delegation from India, headed by Dr. Rajiv Sharma, chargé d'affaires for International Cooperation

Visita de una Delegación de India al CIEMAT

El pasado mes de junio, una delegación de la India, encabezada por el Dr. Rajiv Sharma, encargado de Cooperación Internacional del Departamento de Ciencia y Tecnología de la India, visitó el CIEMAT en el marco de los encuentros que están teniendo lugar entre miembros del sistema de ciencia y tecnología de la India y los representantes

del Ministerio de Ciencia e Innovación de España.

Entre los diferentes asuntos abordados en estas reuniones de trabajo entre representantes de ambos países, la preparación del viaje de la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia a la India el próximo otoño para la firma de acuerdos bilaterales.

La delegación India pudo visitar las instalaciones del Laboratorio Nacional de Fusión y de Tecnologías de la Información.

Jornada de puertas abiertas en el CEDER-CIEMAT

Un año más, el Centro de Desarrollo de Energías Renovables, CEDER-CIEMAT, ha celebrado una jornada de puertas abiertas, con la que pretende mostrar a los visitantes el centro y las investigaciones que en el mismo se realizan, pudiendo relacionarse con los científicos que desarrollan su actividad en el CEDER-CIEMAT. El día elegido en esta ocasión fue el 20 de abril, que coincidió con las vacaciones escolares de Semana Santa.

Para informar a las personas que visitan el centro, se les proyecta un vídeo en el que se proporciona una detallada idea de la actividad del CEDER-CIEMAT, instalaciones y proyectos; se les da también un material didáctico y luego se hace un recorrido por las instalaciones del centro, una visita guiada por el personal técnico-científico a las distintas dependencias.

El CEDER-CIEMAT tiene cerca de 700 hectáreas, con unos 13 000 m² de edificaciones que comprenden tanto laboratorios como oficinas y servicios de mantenimiento.



Los Delegados de India y los investigadores españoles en una sesión de trabajo.
Delegates from India and Spanish researchers in a working session.

of the Indian Department of Science and Technology, visited the CIEMAT in the framework of meetings that are taking place between members of India's science and technology system and representatives of the Spanish Ministry of Science and Innovation.

The subjects discussed in these working meetings between representatives of both countries included preparation of the trip by the Minister of Science and Innovation, Cristina Garmendia, to India sometime in autumn to sign bilateral agreements.

The Indian delegation visited the installations of the National Fusion and Information Technologies Laboratory.

Open Door Day in the CEDER-CIEMAT

The Renewable Energy Development Center, CEDER-CIEMAT, has once again

this year had an open door day, for the purpose of showing the center to visitors and explaining the research being done there, and to let the visitors interact with the scientists who work in the center. The day chosen this year was April 20, which coincided with the Easter Week school vacations.

A video is projected for the people who visit the center, to give them a detailed idea of the activities, installations and projects of the CEDER-CIEMAT. They are also given didactic material and then a guided tour of the installations by the technical-scientific staff of the different sections.

The CEDER-CIEMAT is located on nearly 700 hectares and has some 13 000 m² in buildings, including both laboratories and offices and maintenance services.

This year, the Director of the CEDER-CIEMAT, Miguel Latorre, welcomed the fifty some visitors to the center; after

a word of welcome and projection of the institutional video, he answered questions about the future of renewable energies, and in particular biomass.

Joaquín Sánchez named Chairman of the Technical Advisory Panel

On June 8, Joaquín Sánchez, Director of the CIEMAT National Fusion Laboratory, was named chairman of the Technical Advisory Panel of the European Joint Undertaking for ITER, Fusion for Energy, based in Barcelona. The appointment was decided by the Governing Board of Fusion for Energy, which also agreed that the post would also go hand in hand with the vice-presidency of the Governing Board.

The functions of the Technical Advisory Panel of Fusion for Energy include the revision and notification of the annual

En la edición de este año, el director del CEDER-CIEMAT, Miguel Latorre, recibió a la cincuentena de visitantes que se acercaron a las instalaciones del centro, y tras unas palabras de bienvenida y la proyección del vídeo institucional, contestó a las preguntas sobre el futuro de las energías renovables, especialmente de la biomasa.

Joaquín Sánchez nombrado presidente del *Technical Advisory Panel*

Joaquín Sánchez, director del Laboratorio Nacional de Fusión del CIEMAT, fue nombrado el 8 de junio, presidente del *Technical Advisory Panel* de la Empresa Común Europea para el ITER *Fusion for Energy*, con sede en Barcelona. El nombramiento fue decidido por el Consejo de Gobierno de *Fusion for Energy*, acordándose también que llevase aparejada la vicepresidencia del propio Consejo de Gobierno de la entidad.

El *Technical Advisory Panel* es el comité asesor técnico de *Fusion for Energy*, y entre otras, tiene por funciones la revisión e información del plan anual de

trabajo, la revisión de las estrategias de contratación de las diferentes componentes del proyecto y el asesoramiento respecto de la toma de posición en decisiones técnicas de envergadura que afecten al proyecto ITER.

En este comité asesor, constituido por trece miembros designados en función de su experiencia y capacidades personales, está también otro investigador del Laboratorio Nacional de Fusión, Enrique Ascasibar.

Jornada “Solar Concentra”

El 21 de junio se celebró, en la sede del CIEMAT en Madrid, la jornada de lanzamiento de la plataforma tecnológica de energía solar térmica de concentración, “Solar Concentra”, en la que se abordaron los programas de financiación de proyectos y se realizaron las primeras reuniones de cada uno de los grupos de trabajo.

En esta jornada intervinieron responsables del Ministerio de Ciencia e Innovación, como M^a Luisa Castaño, subdirectora de Colaboración Público-Privada, que intervino en relación a la estrategia estatal de innovación y los instrumentos de financiación correspondientes;

del CIEMAT, en la persona de su director general, Cayetano López, que dio la bienvenida a los asistentes y efectuó la apertura oficial de la jornada, señalando la posición de líderes mundiales de las empresas españolas en energías renovables; del Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI), representado por Beatriz Torralba, que expuso la nueva convocatoria del VII Programa Marco de la Unión Europea en el ámbito de la Energía; y del Centro Tecnológico Avanzado de Energías Renovables (CTAER), Valeriano Ruiz, presidente de “Solar Concentra”.

La sesión estuvo abierta a los interesados en el sector de la energía solar térmica de concentración que, tras las ponencias del programa, pudieron trabajar en sesiones paralelas en los respectivos grupos de trabajo de la Plataforma, ya con temas más concretos; los grupos eran: G1. Prospectiva y planificación; G2. Normalización y estandarización de componentes; G3. Formación, difusión y percepción social; G4. Priorización de actividades de I+D+i.

El CTAER tiene tres áreas de actividad: “Solar”, “Biomasa” y “Eólica y Energía

work plan, review of the hiring strategies for the various project components and technical advice regarding the organization's position concerning important technical decisions that affect project ITER.

Another researcher from the National Fusion Laboratory, Enrique Ascasibar, is also on this advisory committee, which is formed by thirteen members appointed on the basis of personal qualifications and experience.

“Solar Concentra” Symposium

On June 21, the launch meeting of the thermal concentrated solar power technology platform, “Solar Concentra”, was held in the CIEMAT offices in Madrid, during which project financing programs were discussed

and the first working group meetings were held.

This meeting was attended by senior officers of the Ministry of Science and Innovation, including María Luisa Castaño, deputy director of public-private collaboration, who discussed the national innovation strategy and the corresponding financing instruments. The Director General of the CIEMAT, Cayetano Lopez, was there to welcome the attendees and officially inaugurate the meeting, stressing the leading global position of Spanish companies in the field of renewable energies. The Center for Industrial Technological Development (CDTI) was represented by Beatriz Torralba, who explained the new call for the European Union 7th Framework Program in the field of Energy, and the Advanced Renewable Energy Technology Center (CTAER) was represented by Valeriano Ruiz, President of “Solar Concentra”.

The meeting was open to stakeholders in the thermal concentrated solar power sector who, after hearing the program papers, were able to meet in parallel sessions of the Platform's respective working groups to discuss more specific subjects. The groups were: G1. Forecasting and planning; G2. Component normalization and standardization; G3. Training, dissemination and social perception; G4. Prioritization of R&D&I activities.

The CTAER has three areas of activity: “Solar”, “Biomass” and “Wind Power and Marine Energy”, which will be developed in the respective headquarters in Almería, Jaén and Cádiz. The main objective is to contribute to the development of technologies that make use of renewable energies by improving their features and competitiveness.

marina” que se desarrollarán en las respectivas sedes en Almería, Jaén y Cádiz; siendo su principal objetivo contribuir al desarrollo de las tecnologías de aprovechamiento de las energías renovables elevando sus prestaciones y mejorando su competitividad.

NEARCO2

Con el objetivo de presentar el trabajo desarrollado en el proyecto NEARCO2, en el marco del VII Programa Marco, tuvo lugar en el CIEMAT, a finales de junio, el workshop “Strategies of communication and effective engagement in CCS projects: Results of the European NEARCO2 project”. El *Energy Centre of the Netherlands* (ECN) coordina el proyecto en el que participa el CIEMAT a través de su centro territorial CISOT (Centro de Investigación Socio-Técnica).

En esta jornada de trabajo el objetivo era el análisis y desarrollo de estrategias de comunicación y participación social dirigidas a implicar al público y en concreto a los públicos interesados en los proyectos de Captura y Almacenamiento de CO₂ (CAC); asimismo se discutieron



Un momento del workshop NEARCO2.
A moment of the NEARCO2 workshop.

cuestiones relativas a la aceptación social de los almacenamientos de CO₂, el papel de la implicación pública en el desarrollo de la tecnología o las herramientas para mejorar la comprensión e implicación del público con la tecnología. El workshop reunió a investigadores y a profesionales vinculados a este tipo de proyectos, razón por la cual contó con la participación de la Plataforma Tecnológica Española de CO₂ y la Fundación CIUDEN-CIEMAT (Fundación Ciudad de la Energía).

XIX Conferencia Europea de Biomasa

Berlín reunió, a primeros de junio, a los expertos en Biomasa de 67 países, ya que fue la sede de la “19th European Biomass Conference and Exhibition from Research to Industry and Markets”. En esta Conferencia se puso de manifiesto tanto la situación actual como las expectativas de la biomasa como recursos energético. El CIEMAT, que participa regularmente en

NEARCO2

In late June, the workshop “Strategies of communication and effective engagement in CCS projects: Results of the European NEARCO2 project” took place in the CIEMAT, in order to present the work developed in the NEARCO2 project within the 7th Framework Program. The Energy Center of the Netherlands (ECN) coordinates the project, in which the CIEMAT participates through its territorial center CISOT (Socio-Technical Research Center).

The purpose of this workshop was to analyze and develop social participation and communication strategies aimed at involving the public, and specifically the public interested in carbon capture and storage (CCS). Also discussed were issues related to social acceptance of carbon storage, and the role of public

involvement in the development of the technology or tools to improve public comprehension of and implication with the technology. The workshop brought together researchers and professionals connected to this type of project, which is the reason why the Spanish CO₂ Technology Platform and the CIEMAT-CIUDEN (Ciudad de la Energía) Foundation participated.

19th European Biomass Conference

In early June, experts in Biomass from 67 countries met in Berlin, the venue for the “19th European Biomass Conference and Exhibition: From Research to Industry and Markets”. This Conference showcased both the current situation and the expectations for biomass as an energy resource. The

CIEMAT, which regularly participates in this event, had a stand with information on the Singular and Strategic Project On Cultivos – crops for energy production. In addition, the CIEMAT Biofuel, Biomass and Energy Systems Analysis Units presented a total of 10 scientific papers in the different fields of R&D they work in.

The CIEMAT Biomass Unit was invited to present a paper in the Plenary Session of the Congress. The paper dealt with a preliminary study on introduction of energy crops in two sowing seasons in some areas of Spain, in order to boost production outputs and reduce costs for their future use as energy in the transportation sector and also to generate heat and electricity.

The five thematic areas programmed by the Conference Scientific Committee more or less encompassed the whole

este evento, estuvo presente en un stand con información sobre el Proyecto Singular y Estratégico On Cultivos, cultivos para la producción de energía. Asimismo, las Unidades de Biocarburantes, Biomasa y Análisis de Sistemas Energéticos del CIEMAT presentaron un total de 10 trabajos científicos en las diferentes áreas de I+D en las que desarrollan sus actividades de investigación.

Es de resaltar que la Unidad de Biomasa del CIEMAT fue invitada a presentar una ponencia en la Sesión Plenaria del Congreso que versó sobre un estudio preliminar de la introducción de los cultivos energéticos en doble siembra en algunas zonas en España con el objetivo de aumentar rendimientos de producción y reducir costes para su futura aplicación energética tanto en el sector del transporte, como para la generación de calor y electricidad.

Las cinco áreas temáticas contempladas por el Comité Científico del Congreso y que de alguna manera abarcan la utilización energética de la biomasa estuvieron representadas en la Conferencia y fue posible conocer los últimos avances en cada una de ellas. En cuanto a conteni-

dos técnicos, éstos incluyeron información sobre materias primas, potencial y costes de producción, tecnologías de conversión para la obtención de calor y electricidad y biocarburantes; así como gestión política, mercados y sostenibilidad.

Asimismo, la Conferencia contó con una sesión específica dedicada al potencial de las algas como cultivo energético dedicando una gran actividad en esta área que ha creado grandes expectativas en el sector de los biocombustibles. Se presentaron tres grandes proyectos a escala de demostración de algas como materia prima para la obtención de biocarburantes.

Otro de los aspectos destacables durante la Conferencia fue el interés en la producción de biogás y biometano para la producción de calor y electricidad que en la actualidad tiene una fuerte implantación en el mercado alemán, con una capacidad instalada de 2500 MWe,

Nuevos doctores sobresaliente *cum laude*

Los investigadores del CIEMAT que se han doctorado recientemente, obte-

niendo la calificación de sobresaliente *cum laude* en la defensa de su tesis han sido:

Álvaro de Pascual Collar, que defendió su tesis "Análisis de la Dispersión y Estrategias de Reducción de Emisiones y Partículas Atmosféricas Primarias de la Industria Cerámica", codirigida por el profesor Francisco Valero Rodríguez y por el jefe de la División de Contaminación Atmosférica del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, Fernando Martín Llorente. La tesis analiza el impacto de las emisiones de partículas atmosféricas primarias a los niveles de concentración en la provincia de Castellón (de mayor concentración de industria cerámica en España). Se han utilizado herramientas de modelización atmosférica en la evaluación de estrategias de mejora de la calidad del aire con óptimos resultados.

Sandra Carrasco Gil expuso la tesis titulada "Especiación y distribución de mercurio en plantas como base científica para fitotecnología", en la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Autónoma de Madrid. Los codirectores han sido Luis Eduardo Hernández Rodríguez, de la UAM, y Rocío Millán Gómez, del

field of the use of biomass as energy, and there were reports on the latest advances in each area. The technical contents included information on raw materials, production potential and costs, conversion technologies to obtain heat and electricity, biofuels, and policy management, markets and sustainability.

There was also a specific session during the Conference devoted to the potential of algae as an energy crop. This field has been very active and has created great expectations in the biofuel sector. There was a presentation of three demonstration-scale projects of algae as a raw material to obtain biofuels.

There was also a noteworthy interest during the Conference in biogas and biomethane production for the generation of heat and electricity. At

present this is strongly implemented in the German market, with an installed capacity of 2500 MWe.

New PhDs summa cum laude

The CIEMAT researchers who have recently received their doctorate degrees and obtained the qualification of summa cum laude for their dissertations, are as follows:

Álvaro de Pascual Collar, who defended his dissertation "Analysis of the Dispersion and Reduction Strategies of Emissions of Primary Atmospheric Particles of the Ceramics Industry", co-supervised by Professor Francisco Valero Rodriguez and by the head of the Air Pollution Division of the CIEMAT Environment Department, Fernando

Martin Llorente. The dissertation analyzes the impact of emissions of primary atmospheric particles on the levels of concentration in the province of Castellón (where the ceramics industry is primarily concentrated in Spain). Atmospheric modeling tools have been used to evaluate air quality improvement strategies with optimum results.

Sandra Carrasco Gil read her dissertation titled "Speciation and distribution of mercury in plants as a scientific basis for phytotechnology" in the School of Biological Sciences of the Autonomous University of Madrid (UAM). The co-supervisors have been Luis Eduardo Hernandez Rodriguez of the UAM and Rocío Millán Gomez of the CIEMAT Environment Department. The dissertation studies the behavior of mercury in the soil-plant system and the physiological response of certain

Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT. La tesis profundiza en el estudio del comportamiento del mercurio en el sistema suelo-planta y la respuesta fisiológica de determinadas especies ante la exposición a este metal pesado. Este trabajo ha permitido la identificación de 17 complejos Hg-PC (fitoquelatinas), lo que permitirá optimizar las técnicas de fitorremediación para una futura aplicación en campo, o bien evaluar los cultivos que puedan ser agrónomicamente aptos o deban ser rechazados.

Antonio J. Prado Pérez, becario del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, defendió la tesis titulada “El Sistema Termal de Alicún de las Torres (Granada) como Análogo Natural del Escape de CO₂ en forma de DIC: Implicaciones Paleoclimáticas y como Sumidero de CO₂”. La tesis ha sido dirigida por Luis Pérez del Villar Guillén, del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT y Antonio Delgado Huertas, del Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, CSIC, de Granada. El objetivo de la tesis era establecer las analogías existentes entre el citado sistema natural y un sistema artificial de almacenamiento geológico

profundo de CO₂ en el que pueden producirse fenómenos de escape de CO₂ en forma de DOC+DIC (Dissolved Organic/Inorganic Carbon), que es la forma más probable de escaparse el CO₂ después de su almacenamiento en un acuífero salino profundo.

Marcos Mejuto Mendieta defendió el 19 de mayo, en la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid, la tesis: “Afectación de la Minería del Carbón en las Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos de la Cuenca Hidrográfica del río Rodrigo (El Bierzo, León)”. El trabajo de investigación ha sido llevado a cabo en la Unidad de Conservación y Degradación de Suelos del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, bajo la dirección del Dr. Avelino García Álvarez y las Dras. Ana Isabel Cardona García y Rocío Millán Gómez. Esta tesis presenta la metodología desarrollada y los resultados obtenidos para conocer y caracterizar los impactos que ha ocasionado la actividad minera en los parámetros físicos y químicos de los suelos en la cuenca carbonífera de El Bierzo, con la pretensión de tener un conocimiento

más preciso de la situación y establecer los fundamentos para afrontar una futura recuperación de los suelos y los paisajes afectados.

Elena Torres, investigadora del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT, expuso la tesis “Procesos geoquímicos en la interfase acero al carbono/bentonita en un Almacenamiento Geológico Profundo: desarrollo experimental y modelización”, el pasado 10 de junio, en la Facultad de Químicas de la Universidad Complutense de Madrid. La tesis ha sido dirigida por la Dra. M^o Jesús Turmero, de la Unidad de Geología Ambiental Aplicada del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT. La investigación se centra en el estudio del Almacenamiento Geológico Profundo (AGP), en concreto en la evolución fenomenológica de la barrera de arcilla y su influencia sobre los procesos de corrosión del contenedor.

Se firma la carta fundacional de ALINNE

La ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, reunió a

species to exposure to this heavy metal. This work has led to the identification of 17 Hg-PC (phytochelatin) complexes, which will enable the optimization of phytoremediation techniques for future field applications, or else the evaluation of crops to determine if they are agronomically suitable or should be rejected.

Antonio J. Prado Pérez, intern in the CIEMAT Environment Department, defended the dissertation titled “The Thermal System of Alicún de las Torres (Granada) as a Natural Analogue of CO₂ Leakage in the form of DIC: Paleoclimatic Implications and as a CO₂ Sink”. The dissertation was supervised by Luis Perez del Villar Guillén of the Environment Department and Antonio Delgado Huertas of the Andalusian Institute of Earth Sciences, CSIC, of Granada.

The objective of the dissertation was to establish the existing analogues between the cited natural system and an artificial system of deep geological storage of CO₂ in which phenomena of CO₂ leakage in the form of DOC+DIC (Dissolved Organic/Inorganic Carbon) can occur, which is the most likely way for CO₂ to leak after its storage in a deep saline aquifer.

On May 19, Marcos Mejuto Mendieta defended his dissertation, “Influence of Coal Mining on the Physical and Chemical Properties of the Soils of the Rodrigo River Hydrographic Basin (El Bierzo, León)”, in the School of Geological Sciences of the Madrid Complutense University. The research work was carried out in the Soil Conservation and Degradation Unit of the CIEMAT Environment Department under the supervision of Drs. Avelino Garcia

Álvarez, Ana Isabel Cardona Garcia and Rocío Millán Gomez. This dissertation presents the results obtained with the methodology developed to ascertain and characterize the impacts caused by the mining business on the physical and chemical parameters of the soils in the El Bierzo carboniferous basin, with the aim of having a more exact knowledge of the location and establish the fundamentals to undertake a future recovery of the affected soils and landscapes.

On June 10, Elena Torres, researcher of the CIEMAT Environment Department, read the dissertation titled “Geochemical processes in the steel-carbon/bentonite interface in a Deep Geological Storage: experimental development and modeling” in the School of Chemistry of the Madrid Complutense University. The dissertation was supervised by Dr. Maria Jesus



Los firmantes de la carta fundacional de ALINNE.
The signers of the ALINNE foundational letter.

los representantes de la energía en España para impulsar la I+D+i en el sector. Firmaron la carta fundacional de la Alianza por la Investigación y la Innovación Energética (ALINNE) los presidentes de las empresas nacionales del sector energético, así: Felipe Benjumea (Abengoa), José Manuel Entrecanales (Acciona), Florentino Pérez (ACS), Borja Prado (Endesa), Jorge Calvet (Gamesa), Salvador Gabarró (Gas Natural), Ignacio Sánchez (Iberdrola),

Luis Atienza (Red Eléctrica), Antonio Brufau (Repsol), Juan Manuel Carrasco (Green Power Tech) e Ibón Basterrechea (Soliker-Grupo Unisolar), esta última empresa, Soliker-Grupo Unisolar se da la circunstancia que es la única PYME que lidera un proyecto CENIT en energía.

Igualmente, el sector de la Administración estuvo ampliamente representado, firmando la carta de adhesión a la Alianza: Fabricio Hernández (secretario

de Estado de Energía), Felipe Pétriz (secretario de Estado de Investigación), Juan Tomás Hernani (secretario general de Innovación), Cayetano López (director general del CIEMAT), Rafael Rodrigo (presidente del CSIC), Federico Gutiérrez-Solana (presidente de la CRUE), Manuel José López (rector de la Universidad de Zaragoza) y Arturo Azcorra (CDTI), estaba prevista la presencia de la secretaria de Cambio Climático, Teresa Ribera, que finalmente no pudo acudir a la cita.

ALINNE tendrá un Comité Ejecutivo, presidido por el director general del CIEMAT, cuya composición se revisará cada tres años, considerándose la renovación parcial del mismo.

ALINNE nace como un gran pacto nacional público-privado para reforzar el liderazgo internacional de España en el ámbito de la energía. Este nuevo instrumento ayudará a definir una estrategia nacional en materia de investigación e innovación energética, contribuyendo a la definición de una estrategia nacional que ordene las políticas y programas públicos con las prioridades y necesidades de España en la materia.

Turnero of the Applied Environmental Geology Unit of the CIEMAT Environment Department. The research focuses on the study of a Deep Geological Storage, and specifically on the phenomenological evolution of the clay barrier and its influence on the container corrosion processes.

The Foundational Letter of ALINNE Signed

The minister of Science and Innovation, Cristina Garmendia, met with energy representatives in Spain to promote R&D&I in the sector. The foundational letter of the Alliance for Energy Research and Innovation (ALINNE) was signed by the presidents of the following national companies in the energy sector: Felipe Benjumea (ABENGOA), José Manuel

Entrecanales (ACCIONA), Florentino Pérez (ACS), Borja Prado (ENDESA), Jorge Calvet (GAMESA), Salvador Gabarró (Gas Natural), Ignacio Sánchez (IBERDROLA), Luis Atienza (Red Eléctrica), Antonio Brufau (REPSOL), Juan Manuel Carrasco (Green Power Tech) and Ibón Basterrechea (Soliker-Grupo Unisolar). Of note is the fact that the latter company, Soliker-Grupo Unisolar, is the only SME that is leading a CENIT project on energy.

The Administration was also extensively represented to sign the letter of adherence to the Alliance: Fabricio Hernández (Secretary of State for Energy), Felipe Pétriz (Secretary of State for Research), Juan Tomás Hernani (Secretary General of Innovation), Cayetano López (Director General of the CIEMAT), Rafael Rodrigo (President of the CSIC), Federico

Gutiérrez-Solana (President of the CRUE), Manuel José López (Rector of the University of Zaragoza) and Arturo Azcorra (CDTI). The Secretary for Climate Change, Teresa Ribera, was expected to be present, but in the end she was not able to attend.

ALINNE will have a Executive Committee chaired by the Director General of the CIEMAT. Its composition will be partially renewed every three years.

ALINNE is launched as a major national public-private agreement to strengthen the international leadership of Spain in the field of energy. This new instrument will help define a national strategy of energy research and innovation, contributing to the definition of a national strategy that matches public programs and policies to the priorities and needs of Spain in this field.

Actuaciones de la **División de Medio Ambiente Radiológico** derivadas del accidente de Fukushima

Activities of the **Radiological Environmental Division** related to the Fukushima accident

Teresa NAVARRO, Catalina GASCÓ, Beatriz ROBLES, Milagros MONTERO División de Medioambiente Radiológico del CIEMAT / CIEMAT Radiological Environmental Division

El reciente accidente de Fukushima ha mostrado el indudable interés y preocupación de la comunidad científica y del público en general, por conocer las posibles consecuencias actuales y futuras que un accidente de estas características puede tener tanto sobre la población local como en el resto del mundo. También se ha puesto de manifiesto que la sociedad, aunque no esté directamente afectada, se siente afectada, no sólo exigiendo respuestas rápidas y eficaces de las autoridades nacionales competentes, sino también pidiendo una implicación mayor de todos los organismos internacionales establecidos en torno a la Seguridad Nuclear y a la Protección Radiológica del público y del medio ambiente y una mejor coordinación entre ellos.

El CIEMAT -como Organismo Público de Investigación integrado en los OPIS- realiza su función de servicio público controlando la radiactividad ambiental a través de su División de Medio Ambiente Radiológico (DMAR) perteneciente al Departamento de Medio Ambiente.

La División -dentro de sus áreas de conocimiento- ha desarrollado un conjunto de capacidades específicas para controlar y evaluar la radiactividad ambiental y personal tanto a nivel experimental como aplicando modelos matemáticos, asesorando en los problemas derivados de los vertidos, accidentes y situaciones de emergencia que impliquen radionucleidos.

La DMAR contribuye al control dosimétrico de las personas tanto profesionalmente expuestas como aquellas que lo hacen debido a accidentes, siendo el laboratorio de referencia reconocido por el Organismo Regulador que en nuestro país es el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) y contribuyendo a nivel europeo (EURADOS) e internacional en el control dosimétrico ambiental y personal. El control radiológico ambiental abarca desde el control de sus propias instalaciones hasta el control regional formando parte de la Red Nacional de Laboratorios de Radiactividad Ambiental financiada por el CSN. Los laboratorios de la DMAR están integrados en la red de emergencia Europea a través del tratado UE-Euratom e internacional en la red Almera del Organismo Internacional de la Energía Atómica

(OIEA). Este departamento ha desarrollado también herramientas capaces de evaluar -mediante modelos matemáticos y desarrollo de programación específica- la dosis a la población en el caso de situaciones accidentales, vertidos, consumo de alimentos contaminados o emergencias radiológicas y el impacto radiológico en diversos tipos de ecosistemas.

DOSIMETRÍA DE RADIACIONES IONIZANTES

El fin último de la protección radiológica es proteger la salud de las personas de los efectos perniciosos de las radiaciones ionizantes, así como preservar el medioambiente. Por ello, la Comisión Internacional en Protección Radiológica (ICRP, por sus siglas en inglés) ha diseñado y propuesto un sistema de protección, una de cuyas piezas esenciales es la limitación de dosis para los trabajadores expuestos a radiaciones y también para el público en general. La dosimetría en el campo concreto de la protección radiológica tiene como misión:

- 1) comprobar que tales limitaciones se cumplen, ayudando de este modo a preservar la salud de las personas potencialmente expuestas y
- 2) demostrar que no se está incurriendo en riesgos inaceptables y se cumplen los requisitos legales.

En España, las actividades de dosimetría comenzaron a principios de la década de los sesenta en la entonces Junta de Energía Nuclear y

Protección Radiológica • Radiological Protection

continuaron, potenciándose, en el actual CIEMAT. Junto a los tradicionales y pioneros servicios en dosimetría personal y ambiental, en la década de los ochenta, ya en el CIEMAT, comenzaron a desarrollarse también actividades de investigación, aportando nuestro granito de arena al avance del conocimiento a la dosimetría de radiaciones. Las actividades en dosimetría de radiaciones de nuestra institución, constituyen pues una tradición en el campo de la Protección Radiológica, habiendo contribuido de modo muy apreciable al actual nivel de desarrollo que esta disciplina tiene en nuestro país.

Dos grandes sectores bien diferenciados pueden distinguirse en dosimetría: la dosimetría de la radiación externa y la dosimetría de la radiación interna. El primero trata de aquellas situaciones en las que la irradiación se produce por fuentes externas al organismo humano, mientras que el segundo lo hace cuando las fuentes se han incorporado al organismo y causan la irradiación desde el interior del mismo. La finalidad de ambos sectores es la misma: producir medidas o estimaciones de las dosis asociadas o incurridas en determinadas actividades, de modo que se pueda juzgar a través de sus valores la adecuación de esas actividades a los requerimientos radiológicos que les sean aplicables. En actividades de protección frente a radiaciones, ambos tipos de dosimetría personal, interna y externa, deberán proporcionar información sobre las mismas magnitudes, la dosis efectiva o la dosis equivalente en algún órgano, expresada en la misma unidad, Sv, igualmente aplicable a los dos tipos de dosimetría.

La información dosimétrica necesaria para asegurar una protección efectiva de las personas frente a las radiaciones ionizantes se obtiene mediante dos tipos de dosimetría, la denominada dosimetría de área y la dosimetría personal. La actual Unidad de Dosimetría de Radiaciones Ionizantes, incluye actividades en ambos sectores tanto de investigación como de servicios, que se desarrollan a nivel nacional e internacional.

Un elemento de la Unidad lo constituye el Servicio de Dosimetría de Radiaciones (SDR) que está compuesto por el Servicio de Dosimetría Personal Externa (DPE) y el Servicio de Dosimetría Personal Interna (DPI) cuyas actividades en Dosimetría Personal están reglamentariamente autorizadas por el CSN. El DPE incluye dos laboratorios el de Dosimetría Externa (LDE) y el de Dosimetría Ambiental (LDA). A su vez el DPI, cuenta con otros dos laboratorios: el del Contador de Radiactividad Corporal (CRC) para medidas *in vivo* y el de Bioeliminación para medidas *in vitro*.

Los requerimientos de los métodos de medida, así como el funcionamiento de estos servicios se encuentran regulados por diversas normas y procedimientos nacionales e internacionales y están normalmente sometidos a un régimen de autorización e inspección por parte de los organismos competentes en asuntos de seguridad radiológica en España, el CSN.

El diseño de los laboratorios de los servicios tiene en cuenta no solamente las necesidades del CIEMAT, sino también las del sector de

The recent Fukushima accident has shown that the scientific community and the general public is very much interested in and concerned about knowing the possible current and future consequences that an accident of this nature can have in both the local population and the rest of the world. It also reveals that society, even though it is not directly affected, feels that it is affected and demands not only fast, effective responses from national authorities, but also a greater involvement of all international bodies related to Nuclear Safety and to Radiological Protection of the public and the environment and a better coordination between them.

The CIEMAT – as one of the country's Public Research Bodies – fulfills its public service function by controlling environmental radioactivity through its Radiological Environmental Division (DMAR), which is part of the Environment Department.

In its areas of expertise, the Division has developed a series of specific capabilities to control and evaluate environmental and personal radioactivity both at the experimental level and using mathematical models, and it provides advice on problems caused by discharges, accidents and emergency situations involving radionuclides.

The DMAR contributes to the dosimetric control of both professionally exposed workers and people exposed because of accidents. It is the reference laboratory recognized by the Regulatory Body, which in our country is the Nuclear Safety Council (CSN), and it contributes at the European level (EURADOS) and the international level to environmental and personal dosimetric control. The scope of the environmental radiation controls ranges from the control of its own installations to regional control as part of the National Network of Environmental Radioactivity Laboratories funded by the CSN. The DMAR laboratories are members of the European emergency network through the EU-EURATOM treaty and the international ALMERA network of the International Atomic Energy Agency (IAEA). This department has also developed tools based on mathematical models and the development of specific programs to assess the population dose in the event of accident situations, discharges, consumption of contaminated food and radiological emergencies, as well as the radiological impact on various types of ecosystems.

IONIZING RADIATION DOSIMETRY

The ultimate goal of Radiological Protection is to protect the health of people from the harmful effects of ionizing radiation and to conserve the environment. To this end, the International Commission on Radiological Protection (ICRP) has designed and proposed a protection system in which one of the essential pieces is the dose limitation for workers exposed

dosimetría a nivel nacional. De hecho algunos de estos laboratorios o sus capacidades son únicos en nuestro país y, por tanto, tienen la condición de infraestructura nacional en sus cometidos siendo considerados centro de referencia nacional. A destacar las actividades de organización o participación en intercomparaciones a nivel nacional e internacional, que son parte importante del sistema de calidad y próxima acreditación ENAC del SDR del CIEMAT. Los servicios también participan en proyectos de investigación de naturaleza orientada al desarrollo de nuevas capacidades de medida o al perfeccionamiento de las existentes.

Como es bien conocido, el día 11 de marzo ocurrió un gran terremoto en Japón de 8,9 grados en la escala de Richter. Como consecuencia de ello se declaró la emergencia nuclear en los reactores de la central de Fuku-shima Daiichi (a 240 km. de Tokio).

Numerosos españoles fueron evacuados de Japón el 21 de marzo. El CSN ante esta contingencia diseñó un protocolo operativo de control radiológico para estos evacuados. Los objetivos concretos del dispositivo fueron: 1) control radiológico, con carácter voluntario, del pasaje y de la tripulación; 2) detección y control de eventual contaminación radiactiva en los equipajes; y 3) detección y control de eventual contaminación radiactiva en la aeronave.

Este protocolo establecía que si en estos controles radiológicos se detectaba contaminación radiactiva externa, debería realizarse un control radiológico corporal a estos evacuados para confirmar la presencia y/o ausencia de contaminación interna para posteriormente si los resultados eran positivos realizar el cálculo de dosis interna por incorporación de radionucleidos.

Como los valores obtenidos en las medidas realizadas sobre el pasaje, los equipajes y la aeronave, fueron negativos y pudo confirmarse la ausencia de contaminación radiactiva en todos los casos, no fuimos activados a la llegada del avión. De todas formas el CSN, en coordinación con el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, que gestionaron esta situación, activaron un protocolo de actuación para aquellos ciudadanos procedentes de Japón que regresaron a España con anterioridad a la fecha de llegada del avión de evacuación o los que personalmente solicitasen este tipo de controles y se les ofreció la posibilidad de solicitar un control radiológico de contaminación interna.

Este protocolo consiste en un cuestionario donde se recogen datos personales, áreas visitadas o de residencia en Japón, y datos de salud. Una vez valorados por el Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad y el CSN designan al CIEMAT para encargarse de los controles radiológicos internos que pudieran ser estimados como necesarios. En este caso, como ya ocurrió en el año 1986 con Chernobil nuestra Unidad en particular fue activada por el CSN para realizar los controles radiológicos de las personas que hubieran podido estar expuestas a riesgo de exposición interna.

Nuestra actuación dadas las características del accidente, consistió en valorar la situación e identificar los radioisótopos predominantes

to radiation and also for the general public. The mission of dosimetry in the specific field of radiological protection is as follows:

- 1) check that these limits are being observed, thus helping to protect the health of potentially exposed people, and
- 2) demonstrate that unacceptable risks are not being taken and that the legal requirements are being met.

In Spain, dosimetry activities date back to the early 1970s in the former Junta de Energía Nuclear, and they have continued unabated in today's CIEMAT. Together with the traditional pioneering services in personal and environmental dosimetry, in the decade of the 1980s the newly named CIEMAT began to develop research activities as well, to help advance the knowledge of radiation dosimetry. The radiation dosimetry activities in our institution are thus a traditional part of the field of Radiological Protection and have contributed very significantly to the current level of development of this discipline in our country.

There are two major, well-differentiated sectors of dosimetry: dosimetry of external radiation, and dosimetry of internal radiation. The former deals with those situations in which the irradiation is caused by sources outside the human organism, whereas the latter is done when the sources have become incorporated into the organism and cause the irradiation from the inside. The purpose of both sectors is the same: make measurements or estimates of the doses associated with or incurred in certain activities, so that these values can be used to judge how well those activities are suited to the radiological requirements applicable to them. In radiological protection activities, both types of dosimetry – internal and external – should provide information on the same magnitudes, the effective dose or the equivalent dose in an organ, expressed in the same unit – Sv – likewise applicable to the two types of dosimetry.

The dosimetric information required to ensure the effective protection of people against ionizing radiations is obtained with two kinds of dosimetry: the so-called area dosimetry and personal dosimetry. The Ionizing Radiation Dosimetry Unit has activities in both the research and services sectors and they are carried out on a national and international scale.

One component of the Unit is the Radiation Dosimetry Service (SDR), which is composed of the External Personal Dosimetry (DPE) Service and the Internal Personal Dosimetry (DPI) Service. The Personal Dosimetry activities of the Unit are regulated and authorized by the CSN. The DPE includes two laboratories: External Dosimetry Lab (LDE) and Environmental Dosimetry Lab (LDA). In turn, the DPI has another two laboratories: the Body Radioactivity Counter (CRC) Lab for “in vivo” measurements, and the Bioelimination Lab for “in vitro” measurements. The requirements of the metering methods, as well as the operation of these Services, are regulated by different national and international standards and procedures subject to a system of licensing and inspection by the competent authorities in matters of Radiological Safety in Spain – the CSN.

Protección Radiológica • Radiological Protection

inicialmente, que podían dar lugar a riesgo de exposición y a la posibilidad de contaminación interna, que fueron: ^{131}I , ^{132}Te (incluido ^{132}I) y $^{134/137}\text{Cs}$.

Desde el punto de vista dosimétrico, la contribución a la dosis interna más importante procedían de la exposición a todo el cuerpo procedente del $^{134/137}\text{Cs}$ y a la glándula tiroidea del ^{131}I , especialmente en el caso de niños. En el caso de ^{132}Te (incluido ^{132}I) dado que sus periodos radiactivos eran de 3204 d (2295 h) respectivamente, no fueron considerados de riesgo. Por lo tanto, y aunque en los análisis realizados se controlaban todos los isótopos, los radionucleidos de mayor interés dosimétrico y las medidas asociadas a ellos consistieron en la determinación de ^{137}Cs en organismo total y ^{131}I en tiroides.

Con esta información el SDPI (Servicio de Dosimetría Personal Interna) diseñó un Programa de Vigilancia de Emergencias basado en sus protocolos y procedimientos en vigor que ha consistido en controles especiales de exposición interna mediante Contador Fastscan.

El protocolo de medida en el Laboratorio del Contador de Radiactividad Corporal (CRC) del CIEMAT se estableció con uno de los sistemas de detección que tiene este laboratorio: contador de medida rápida llamado Fastscan. Este contador realiza la determinación *in vivo* de la contaminación interna de personas expuestas a incorporación de radionucleidos emisores gamma en el rango energético de 200-2000 keV. Este equipo que complementa el resto de los sistemas de detección operativos del laboratorio del CRC, es muy adecuado, para situaciones de emergencia en caso de accidente radiológico porque permite realizar controles de contaminación interna en pocos minutos de contaje, y su uso es fundamental en este tipo de situaciones.

El tiempo de medida seleccionado para la vigilancia rutinaria de trabajadores expuestos es de 300 s, por lo que es viable la detección de incorporaciones correspondientes a un nivel de mínima dosis detectable de 0,1 mSv de los radionucleidos emisores gamma de mayor interés dosimétrico, para programas de control de frecuencia anual y apoyo en situaciones de emergencia.

La evaluación de la actividad retenida en organismo total y en órganos, medida a través del sistema de detección expuesto anteriormente se realiza a través del estudio del espectro o histograma del número de sucesos, obtenido en la medida del sujeto. Los análisis de dichos espectros se realizan mediante software de análisis por espectrometría gamma tanto para organismo total como para órganos, siendo imprescindible disponer de calibraciones específicas de cada sistema de detección. Para la calibración de estos sistemas de detección se utilizan maniqués antropomórficos de iguales características que el Hombre Estándar definido por ICRP-89. En el sistema Fastscan se utiliza el maniqué BOMAP (*Bottle Manikin Absorption Phantom*) (definido en la norma ANSI 13.35) para organismo total y un maniqué tiroideo para las medidas de radioyodo en tiroides.

A partir de estas medidas es posible estimar la actividad incorporada y finalmente, en función del tipo de sustancia y del radionucleido

The design of the services laboratories takes into consideration not only the needs of the CIEMAT, but also those of the nationwide dosimetry sector. In fact, some of these laboratories and their capabilities are unique in our country and, therefore, their status is that of national infrastructure and they are considered as a National Reference Center. Of note are the activities to organize or take part in national and international inter-comparisons, which are an important part of the quality system, and the forthcoming ENAC accreditation of the CIEMAT SDR. The services also take part in research projects that focus on the development of new measurement capabilities or the upgrading of existing ones.

As everyone knows, on March 11 there was a strong earthquake in Japan measuring 8.9 degrees on the Richter scale. One consequence of the quake was the declaration of a nuclear emergency in the reactors of the Fukushima nuclear power plant (240 km from Tokyo).

Numerous Spaniards were evacuated from Japan on March 21. For this contingency, the CSN designed a radiological control operating protocol for these evacuees. The specific objectives of the protocol were 1) Radiological control, on a voluntary basis, of the passengers and crew, 2) Detection and control of eventual radioactive contamination of luggage, and 3) Detection and control of eventual radioactive contamination in the aircraft.

This protocol specified that, if external radioactive contamination was detected during these controls, these evacuees should be subjected to a corporal radiological control to confirm the presence and/or absence of internal contamination and, if the results were positive, the internal dose from uptake of radionuclides would subsequently be calculated.

Since the values obtained from the measurements made on the passengers, luggage and aircraft were negative and the absence of radioactive contamination was confirmed in all cases, we were not mobilized upon arrival of the airplane. Nevertheless, the CSN, in coordination with the Ministry of Health, Social Policy and Equality, which managed this situation, activated an action protocol for those citizens who returned to Spain from Japan prior to the date of arrival of the evacuation airplane or for those who personally requested this control, and they were offered the possibility of requesting a radiological control of internal contamination.

This protocol consisted of a questionnaire to collect personal details, information on areas visited or place of residency in Japan and health records. Once evaluated by the Ministry of Health, Social Policy and Equality and the CSN, the CIEMAT was designated to be in charge of the internal radiological controls that were deemed to be necessary. In this case, as happened in 1986 with Chernobyl, our Unit in particular was mobilized by the CSN to carry out the radiological controls of the people who could have run the risk of internal exposure.

Considering the characteristics of the accident, we assessed the situation and identified the initially predominant isotopes which could lead to a risk of exposure and the possibility of internal contamination. These were as follows: ^{131}I , ^{132}Te (including ^{132}I) and $^{134/137}\text{Cs}$.

involucrado, calcular la dosis efectiva, cuyo valor se compara con los límites de dosis aplicables. Los valores de dosis son pues estimados por cálculos basados en modelos biocinéticos relativamente complejos y que en muchos casos están aun por alcanzar un grado de desarrollo aceptable.

Como se trataban de miembros del público, las hipótesis planteadas en aquellos casos de determinaciones positivas de algunos de estos radionucleidos para la posterior estimación de incorporación y dosis han sido: límite anual de dosis = 1 mSv/año; tamaño partículas: AMAD= 1 µm; vía de incorporación: inhalación a corto plazo e inhalación e ingestión a largo plazo; instante de incorporación: 11/marzo/2011; modelo biocinético aplicado: ICRP-56 y coeficientes de dosis: específicos para adultos y para niños de un año.

Hasta el momento se han analizado ocho adultos y un niño de un año cuyas determinaciones espectrométricas han sido negativas para ambos radionucleidos. En consecuencia no se ha realizado estimación de dosis efectiva comprometida.

Según los datos de los que disponemos de Japón, desde el 13 de marzo han realizado controles radiológicos personales en aproximadamente 175 000 personas de las cuales 102 presentaron contaminación en la ropa pero ninguna de ellas presentó contaminación corporal interna por encima de los límites y más de 1000 chequeos tiroideos en niños en zonas particularmente afectadas.

En la actualidad, y como una más de nuestras tareas seguimos colaborando con los organismos internacionales y con otras instituciones europeas para la homologación de nuestros laboratorios en respuestas a situaciones de emergencia.

RADIATIVIDAD AMBIENTAL Y VIGILANCIA RADIOLÓGICA

El accidente de Fukushima ha puesto en evidencia la importancia de la medida de la radiactividad ambiental en los diferentes países afectados y del seguimiento de sus consecuencias en los ecosistemas y en el ser humano.

La Unidad de Radiactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica (RAYVR) del CIEMAT no ha sido ajena a estos accidentes y ha participado en su detección en varios niveles: a) a través del propio Plan de Vigilancia del CIEMAT ya que los controles periódicos en el aire, suelo y biota permiten cuantificar también otros radionucleidos que no corresponden a su propia instalación (reactor experimental desmantelado), b) por su participación en la red espaciada financiada por el CSN en el término municipal de Madrid y c) por la colaboración con su ayuntamiento para el control de la radiactividad en las depuradoras y vertederos.

El control de la radiactividad se realiza obligatoriamente en el entorno de las instalaciones nucleares mediante los programas de vigilancia radiológica ambiental que almacenan resultados históricos de su concentración local. El aumento de la sensibilidad de las técnicas instrumentales para la medida de los diversos radioisótopos permite a menudo



Sistema de detección: Contador Fastscan de media rápida.
Detection system: FASTSCAN scanner.

From the dosimetric standpoint, the most significant contribution to the internal dose came from whole body exposure to ^{134/137}Cs and of the thyroid gland to ¹³¹I, especially in the case of children. In the case of ¹³²Te (including ¹³²I), since their radioactive periods were 3,204 d (2,295 h), respectively, they were not considered a risk. Therefore, and although all the isotopes were controlled in the analyses, the radionuclides of greatest dosimetric interest that were determined and the resulting measurements were of ¹³⁷Cs in whole body and ¹³¹I in thyroid.

With this information, the SDPI (Internal Personal Dosimetry Service) designed an Emergency Monitoring Program based on its current protocols and procedures, which consisted of special controls of internal exposure with the FASTSCAN scanner.

The measurement protocol in the Body Radioactivity Counter (CRC) Laboratory of the CIEMAT was established with one of this lab's detection systems: the fast measurement scanner called FASTSCAN. This scanner can determine in-vivo the internal contamination of people exposed to the uptake of gamma emitting radionuclides in the energy range of 200-2000 keV. This equipment, which complements the rest of the operating detection systems of the CRC lab, is very suited to emergency situations in the case of a radiological accident because internal contamination controls can be completed in just a few minutes of scanning, and its use is essential in this type of situation.

The scan time selected for routine monitoring of exposed workers is 300 s, meaning that it is viable to detect of uptakes of a minimum detectable dose level of 0.1 mSv of the most dosimetrically interesting gamma emitting radionuclides, for

El CIEMAT pone a disposición de los ciudadanos los datos obtenidos en caso de accidente a través de su organismo regulador ”

detectar también los radionucleidos procedentes de otras fuentes. Las series temporales de concentración de actividad de un radionucleido con anterioridad a un accidente muestran la variación del contenido tanto en el biotopo y biota pudiendo predecir el comportamiento futuro de estos vertidos. En el primer nivel, las determinaciones si bien tienen el propósito de control en sus instalaciones (tanto en fase de funcionamiento como de desmantelamiento) a menudo se utilizan para conocer indirectamente las variaciones en la concentración ambiental y los factores que pudieran influir en ellas.

En el segundo nivel, las redes creadas y financiadas por el CSN, diseminadas a lo largo de la geografía española y que forman parte de redes a nivel europeo, han servido para detectar radionucleidos generados por accidentes de origen en algún caso desconocido, como fue la incineración de una fuente radiactiva en una acería en la que se trataban chatarras procedentes de países fuera del control comunitario (Acerinox), el accidente de Chernobil y el de Fukushima. En el tercer nivel se observará cómo afecta este accidente a nivel regional conociéndose los contenidos históricos en este tipo de entornos.

El CIEMAT a través de la División de Medio Ambiente Radiológico realiza su función como servicio público poniendo a disposición de los ciudadanos los datos obtenidos en caso de accidente a través de su organismo regulador. Este departamento -cuando ocurrió el accidente de Chernobil- dispuso y amplió sus capacidades para la medida de los diversos isótopos en los alimentos por petición de los alcaldes y presidentes de las comunidades autónomas para generar tranquilidad y confianza expidiendo -en los casos necesarios- certificados de radiactividad para la exportación a terceros países, aprendiendo cómo actuar y evaluar en el caso de un nuevo accidente. Este aprendizaje se produjo también a nivel europeo, creando una conciencia común de cómo se deberían establecer controles fronterizos, qué niveles debían ser permitidos en los alimentos para no producir dosis potencialmente peligrosas para el ser humano y su entorno y cómo se debería de proceder en el caso de un nuevo accidente que en aquella época se consideraba poco probable.

El sistema europeo de alerta alimentaria empezó a incluir entre sus elementos potencialmente peligrosos los elementos radiactivos incluyendo la determinación de radiactividad en los alimentos que atraviesan sus fronteras y estableciendo las responsabilidades en este tipo de control. En España, el Ministerio de Sanidad, Política Social e

annual control programs and as support in emergency situations.

The retained activity in whole body and in organs, measured with the detection system described above, is evaluated by studying the spectrum or histogram of the number of events obtained on measuring the subject. These spectra are analyzed with gamma spectroscopy analysis software for both the whole body and organs, and it is essential to have specific calibrations of each detection system. Anthropomorphic phantoms with the same features as the Standard Man defined by ICRP-89 are used to calibrate these detection systems. The FASTSCAN system uses the BOMAP phantom (Bottle-Manikin-Absorption-Phantom, defined in standard ANSI 13.35) for whole body and a thyroid phantom for thyroid radioiodine measurements.

Based on these measurements, it is possible to estimate the uptaken radioactivity and finally, depending on the type of substance and radionuclide involved, to calculate the effective dose, the value of which is compared to the applicable dose limits. Thus the dose values are estimated with calculations based on relatively complex biokinetic models that in many cases have still not achieved an acceptable degree of development.

As the subjects in question were members of the public, the assumptions made in the cases of positive determinations of any of these radionuclides for subsequent estimation of uptake and dose were as follows: annual dose limit = 1 mSv/year; particle size: AMAD= 1 μ m; channel of uptake: short-term inhalation and long-term inhalation and ingestion; moment of uptake: 11/March/2011; biokinetic model used: ICRP-56; and dose coefficients: specific for adults and for 1-year old children.

Eight adults and one 1-year old have been analyzed to date, and their spectrometric determinations have been negative for both radionuclides. Consequently, no committed effective dose estimate has been made.

According to the data we have from Japan, since March 13 personal radiological controls have been carried out on approximately 175 000 people, 102 of whom presented contamination on clothing but none of them presented internal corporal contamination above the limits, and more than 1000 thyroid checks have been done on children in particularly affected areas.

At present, as part of our mission, we continue to collaborate with international organizations and other European institutions to certify our laboratories in responses to emergency situations.

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY AND RADIOLOGICAL MONITORING

The Fukushima accident has shown the importance of measuring the environmental radioactivity in the different affected countries and of tracking its consequences in ecosystems and human beings.

Igualdad a través de su Instituto Carlos III es el encargado del control de la radiactividad en alimentos que circulan a través de nuestras fronteras. Cuando la capacidad de los laboratorios no es suficiente -porque el volumen de muestras a controlar es excesivo- este ministerio a través del CSN pone en contacto a los laboratorios que pertenecen a sus redes de control para incrementar sus capacidades.

El accidente de Chernobil puso de manifiesto la necesidad de: medidas exhaustivas para contrastar modelos de predicción, estudiar modelos alternativos para establecer la eficacia de las medidas correctoras (desde prohibición hasta añadir algún producto al medio ambiente) y de hacer aproximaciones inversas al problema, como es el caso de definir la vulnerabilidad de un ecosistema a priori frente a una contaminación radiactiva. Este departamento colaboró en establecer de manera sencilla la carga en Bq de un determinado isótopo por unidad de área que sería necesaria en un ecosistema para generar la concentración en los alimentos que los haga no aptos para el consumo. Estas aproximaciones fueron realizadas para el accidente de Chernobil en la zona terrestre y marina de ámbito europeo, aportando España los valores para su propio territorio para ambos ecosistemas. Estas cargas críticas podrían ser validadas en el caso del accidente de Fukushima siguiendo el mismo procedimiento. Si bien en aquél accidente se definió el ecosistema terrestre como el más vulnerable, siguiendo la misma estrategia se podrían predecir los resultados en el ecosistema marino japonés conociendo el vertido y valorando las cargas críticas establecidas en el de Chernobil.

Los vertidos de residuos radiactivos al mar están prohibidos desde una moratoria de 1992. En los grupos de trabajo de la *London Dumping Convention* y del grupo de control de estos residuos (CRESP de la OCDE) participaron miembros de esta unidad para valorar el comportamiento de los radionucleidos existentes en los residuos de baja y media actividad en sus aspectos bio-geoquímicos. El vertido controlado de radiactividad se produce de manera legal y regulada en las cercanías de las fábricas de reprocesamiento de combustible irradiado como las existentes en La Hague y en Shellfield dando lugar a un conocimiento profundo del comportamiento de elementos persistentes en el medio marino como es el plutonio, americio y tecnecio y su transferencia y concentración en la cadena alimentaria marina, sin olvidar los de otros elementos como el Sr-90 producido en las explosiones controladas en las Islas Bikini, Mururoa y Fangataufa. En caso de accidente se conoce cómo han actuado estos radionucleidos y cómo se han dispersado, si bien su forma química es el factor clave para evaluar cómo se van a concentrar a través de la cadena alimentaria. Los radionucleidos de origen artificial existen en el mar desde el año 1945 por varias razones entre las cuáles de encuentran las pruebas de explosiones nucleares en la atmósfera y su posterior depósito en el globo terráqueo teniendo en cuenta que el 70 % es agua. La concentración de actividad de los elementos radiactivos es conocida y se establece a través de las relaciones isotópicas su diverso origen. Se tiene constancia en el océano Ártico de que las partículas calientes de plutonio en el mar tienden a

The CIEMAT Environmental Radioactivity and Radiological Monitoring (RAYVR) Unit has been involved in monitoring these accidents and has taken part in detection at several levels: a) through the CIEMAT's Monitoring Plan, since the periodic controls of air, soil and biota also serve to quantify other radionuclides that do not correspond to its own installation (dismantled experimental reactor), b) through its participation in the CSN-funded radiation monitoring spaced network in the municipal district of Madrid, and c) through collaboration with the Madrid City Council to control radioactivity in filtering stations and waste dumps.

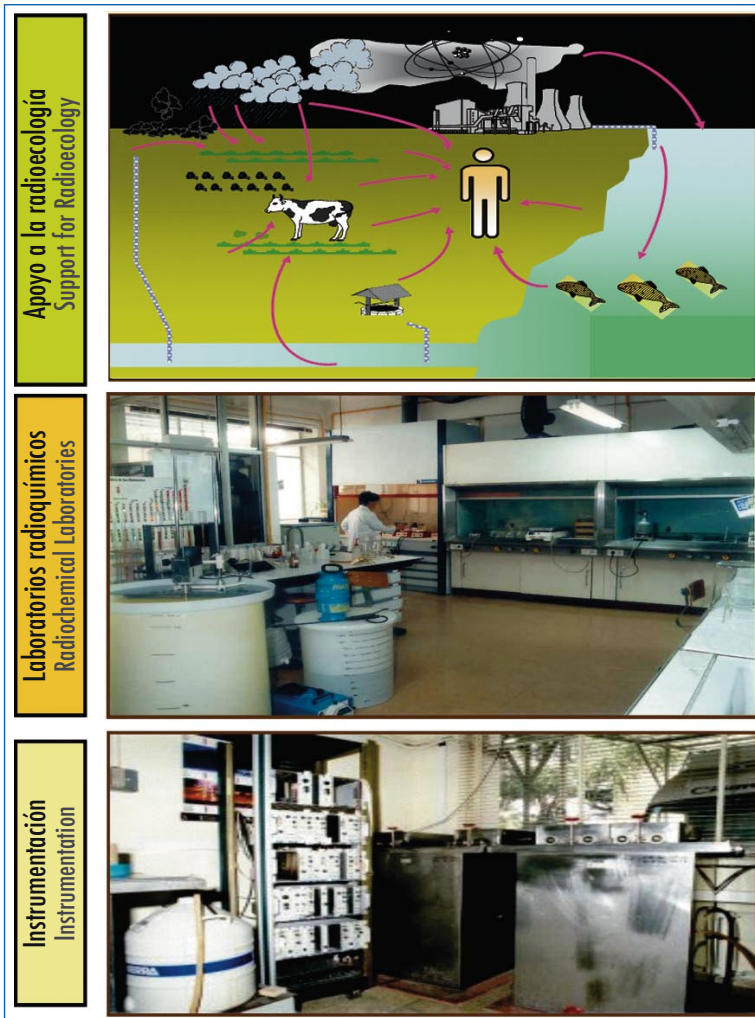
Radioactivity is compulsorily controlled in the surroundings of nuclear installations with environmental radiation monitoring programs that store historical results of local concentration. The increased sensitivity of the instrumental techniques used for measuring the different radioisotopes also enables frequent detection of radionuclides from other sources. The time series of a radionuclide's activity concentration before an accident show the variable content in both the biotope and biota, thus predicting the future behavior of these discharges. On the first level, the determinations, although their purpose is to control the installations (in both the operating and dismantling phases), are often used to indirectly ascertain the variations in environmental concentrations and the factors that could influence them.

On the second level, the networks created and funded by the CSN, which are scattered throughout Spain and form part of European-wide networks, have served to detect radionuclides produced by accidents in some cases of unknown origin, e.g. the incineration of a radioactive source in a steel mill that treated scrap metal from countries outside community control (Acerinox), the Chernobil accident and the Fukushima accident. On the third level, the regional effects of the accident are analyzed on the basis of the historical contents in this type of environment.

The CIEMAT, through its Radiological Environmental Division, fulfills its public service function by making the data obtained in the event of an accident available to the public through the Regulatory Body. This department, when the Chernobil accident occurred, used and extended its capabilities for measuring the different isotopes in food, at the request of the Mayors and Presidents of the Autonomous Regions, to help reassure the public and secure its trust by issuing – if needed – certificates of radioactivity for export to third countries, and learning how to act and evaluate in the case of a new accident. This learning process also took place at a European level, creating a common

The CIEMAT make the data obtained in the event of an accident available to the public through the Regulatory Body”

Protección Radiológica • Radiological Protection



Unidad de Radioactividad Ambiental y Vigilancia Radiológica.
Environmental Radioactivity & Radiological Monitoring Unit.

formar óxidos estables cuya corrosión progresiva no introduce una cantidad de plutonio en los seres vivos marinos que impida su desarrollo. El medio marino por sus características produce una dilución general de los elementos solubles en sus océanos por las corrientes marinas predominantes. El vertido de la central de Fukushima en el mar hace pensar que, a medida de que las corrientes vayan diluyendo y dispersando los radionucleidos, estos pueden ser concentrados por los seres vivos existentes en todos los océanos del mundo, produciéndose su contaminación y la necesidad de controles adicionales en este tipo de alimentos. El gobierno japonés ha iniciado contramedidas para que los radionucleidos vertidos sedimenten lo antes posible en el entorno marino circundante de las centrales y así evitar su dispersión mundial. Este accidente pone a prueba también el control de radioactividad de las aguas marinas y continentales españolas que realizan instituciones como el Cedex perteneciente al Ministerio de Fomento.

El origen de los radionucleidos no se determina por un aumento de su concentración -ya que éste se puede producir por otras causas- si-

awareness of how border controls should be established, what levels should be allowed in food so as not to produce potentially dangerous doses to human beings and the environment and how to proceed in the case of a new accident, which at that time was considered unlikely.

The European food warning system began to include radioactive elements among its potentially hazardous elements, including the determination of radioactivity in food that crosses borders and assigning responsibilities for these controls. In Spain, the Carlos III Institute of the Ministry of Health, Social Policy and Equality is in charge of controlling radioactivity in the food that crosses over our borders. When the capacities of the laboratories do not suffice – because of the excessive volume of samples to be controlled – this Ministry contacts, through the CSN, the laboratories that belong to its control networks to boost the capacities.

The Chernobyl accident evidenced the need for: exhaustive measures to benchmark prediction models, and to study alternative models to establish the effectiveness of the corrective measures (from prohibition to addition of a product to the environment) and reverse approaches to the problem, e.g. define a priori the vulnerability of an ecosystem to a radioactive contamination. This department collaborated in establishing the Bq load of a certain isotope per unit of area that would be required in an ecosystem to produce the concentration in food that would make it unsuitable for consumption. These approximations were made for the Chernobyl accident in terrestrial and marine areas around Europe, and Spain provided the values for its own territory for both ecosystems. These critical loads could be validated in the case of the Fukushima accident by following the same procedure. Although in the former accident the terrestrial ecosystem was defined as the most vulnerable, the results in the Japanese marine ecosystem could be predicted using the same strategy, knowing how much has been discharged and the critical loads established for the Chernobyl accident.

Radioactive waste discharges to the sea have been prohibited since a 1992 moratorium. Members from this Unit participated in the working groups of the London Dumping Convention and in the control group for these wastes (the OECD CRESP), in order to assess the bio-geochemical aspects of the behavior of the radionuclides existing in low- and intermediate-level wastes. The controlled discharge of radioactivity is done legally and on a regulated basis in the vicinity of irradiated fuel reprocessing plants, such as those in La Hague and Shellfield. This results in a thorough knowledge of the behavior of persistent elements in the marine medium, e.g. plutonium, americium and technetium, and their transfer and concentration in the marine food chain, and provides insights into the behavior of other elements such as the SR-90 produced during the controlled explosions on the Bikini, Mururoa and Fangataufa Atolls. It is known how these radionuclides have acted in the event of an accident and how they have dispersed, although their chemical form is the key factor to predict how they are going to become concentrated throughout the food chain. Artificial radionuclides have existed in the sea since 1945 for several reasons, including

no por la aparición de otros isótopos y la modificación de las relaciones entre ellos. Las relaciones isotópicas validan el término fuente y pueden confirmar su origen cuando los elementos son detectados a distancias extremadamente elevadas. Los controles continuos en suelos, aire, biota, alimentos, dieta, etc. son esenciales para saber qué cantidad proviene de otra zona, cuál es la cantidad adicional que se une a la ya existente y si se han introducido nuevos isótopos.

La contribución del CIEMAT al estudio de la radiactividad ambiental tanto en condiciones normales, como en el caso de accidente se viene realizando desde 1962, primero para controlar su propio entorno, para ampliar el conocimiento del flujo de elementos radiactivos en el medio ambiente y para estudiar la influencia de las condiciones ambientales en su transferencia a través de los diferentes ecosistemas.

El control del aire permite determinar ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239-240}\text{Pu}$ y radionucleidos naturales (uranio, polonio y radón) en concentraciones cercanas a las atómicas. La Unidad de RAYVR tiene encomendadas también las tareas de organizar y evaluar las intercomparaciones de los laboratorios que miden esta radiactividad. España por acuerdo con el CSN y de los laboratorios pertenecientes a las centrales nucleares españolas, participa a través de la red Almera (red mundial de laboratorios para el control de radiactividad en emergencias nucleares) en la medida de radionucleidos en diversos tipos de muestra que requieren el consenso entre laboratorios. Esta participación obliga a la Unidad de RAYVR a verificar sus métodos mediante el análisis de radionucleidos en las llamadas pruebas ciegas. Colaboración que se efectúa desde hace 25 años cuando apenas existían laboratorios españoles habilitados para este control. Mediante estas pruebas se identifican los laboratorios más “capacitados” para el control de radionucleidos en un determinado accidente. La Unidad de RAYVR ha participado en la certificación de materiales marinos para determinar el contenido de elementos como el plutonio y americio en algas y a través de los laboratorios de Mónaco y de Seibelsdorf del OIEA en más de 40 intercomparaciones internacionales.

La unidad forma parte de la red *Ring of Five* para el control de la radiactividad en el aire a niveles ultrasensibles. Miembros de la unidad han sido solicitados como expertos internacionales para la evaluación de muestreos en otros accidentes o como representantes españoles para fijar el rango de concentraciones admisibles en los alimentos para su control aduanero. La determinación de este rango requiere el conocimiento de los procedimientos para su determinación y de la valoración de la sensibilidad de los métodos aceptados para su control. La unidad ha colaborado en la redacción de guías del CSN y sus diversos técnicos han colaborado en la enseñanza de métodos y procedimientos a través del Instituto de Estudios de la Energía del CIEMAT.

En la actualidad está colaborando con la Universidad de Sevilla para rebajar los niveles de detección del plutonio en el aire y cambiar varios procedimientos radio-analíticos. Llevando también a cabo la presentación de proyectos a nivel internacional y colaborando a la formación de técnicos de otros países a través del OIEA.

nuclear atmospheric testing and the subsequent settling of these radionuclides mostly in the sea, considering that 70 % of the earth is water. The activity concentration of the radioactive elements is known and their differing origin is established through the isotopic relations. It is known that, in the Arctic Ocean, hot particles of plutonium in the sea tend to form stable oxides whose progressive corrosion does not introduce an amount of plutonium in live marine beings that would prevent their development. Because of its characteristics, the marine medium causes a general dilution of the soluble elements in the oceans due to the prevailing marine currents. It seems that, as the currents start to dilute and disperse the radionuclides discharged to the sea from the Fukushima plant, these could become concentrated in living beings existing in all the oceans around the world, causing their contamination and the need for additional controls of this type of food. The Japanese government has taken countermeasures so that the discharged radionuclides will settle as soon as possible in the marine environment surrounding the plant and thus prevent their worldwide dispersion. This accident also puts to the test the radioactivity controls of Spanish marine and continental waters carried out by institutions such as CEDEX, of the Ministry of Public Works.

The origin of radionuclides is not determined by an increase in their concentration, as this could happen due to other causes, but rather by the appearance of other isotopes and the modification of the relations between them. The isotopic relations validate the source term and can confirm the origin even when the elements are detected at extremely long distances. Continuous controls of soil, air, biota, food, diet, etc. are essential to know what quantity comes from another area, what additional quantity has been added to the already existing amount and if new isotopes have been introduced.

The CIEMAT has been contributing to the study of environmental radioactivity under both normal and accident conditions since 1962, first to control its own environment, and also to expand the knowledge of the flow of radioactive elements in the environment and to study the influence of environmental conditions on their transfer through the different ecosystems.

Air controls enable the determination of ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr , $^{239-240}\text{Pu}$ and natural radionuclides (uranium, polonium and radon) in concentrations approaching the atomic concentrations. The RAYVR Unit has also been entrusted with the tasks of organizing and evaluating the intercomparisons between the laboratories that measure this radioactivity in Spain by agreement with the CSN and the laboratories belonging to the Spanish nuclear power plants. Through the ALMERA network (worldwide network of laboratories for controlling radioactivity in nuclear emergencies), the Unit participates in the measurement of radionuclides in various types of samples that require a consensus between laboratories. This participation requires the RayVR Unit to verify its methods by analyzing radionuclides in so-called blind tests. This collaboration started 25 years ago, when

El CIEMAT mantiene una línea de trabajo de protección radiológica en situaciones de intervención que se inició tras el accidente de Chernobil”

Este departamento que pertenece al de medioambiente parece tomar impulso cuando se producen accidentes con consecuencias radiactivas, aunque es la capacitación y la labor constante de sus técnicos lo que avala su prestigio internacional. Sería necesario mantener este conocimiento y nivel de actividad independientemente del control de la radiactividad en el entorno del CIEMAT, por ser un sistema que se ha mostrado eficaz para el control del vertido de terceros países. La mejora constante en instrumentación y en informática asociada de la Unidad de RAYVR hará que el trabajo, tan arduamente realizado por el grupo actual y por los que le precedieron, pueda ser sacado a la luz para poder realizar estudios estadísticos con los datos disponibles que nos informen de los factores más importantes que influyen en la variación temporales de la concentración de los radionucleidos naturales y artificiales en el medioambiente urbano de Madrid y de su fauna y flora. El gran reto futuro es lograr una difusión más eficaz de los resultados de la investigación producidos por esta unidad a nivel internacional (radioecología marina, datación, etc.) y a la sociedad española, en particular. La excesiva carga analítica generada por los compromisos contractuales no ha permitido la dedicación única que requiere esta ardua tarea.

PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL PÚBLICO Y DEL MEDIOAMBIENTE

Si durante el accidente de Chernobil el 26 de abril de 1986, se pusieron de manifiesto importantes deficiencias en los procedimientos de respuesta a nivel nacional, regional e internacional que promovieron un despliegue de recursos, tanto a nivel global europeo como en cada una de las naciones que componen el continente, para responder a las necesidades manifestadas entonces y que se han mantenido a lo largo de sucesivos Programas Marco europeos, el accidente de Fukushima ha planteado nuevos retos y desafíos a la comunidad internacional al cuestionarse tanto los principios de seguridad aplicados en el diseño y ubicación de los reactores nucleares, como de la gestión realizada durante la emergencia y las medidas paliativas y de protección a la población y al medioambiente tomadas durante la misma.

there were barely any Spanish laboratories qualified for this work. These tests are used to identify the most “qualified” laboratories for the control of radionuclides in a specific accident. The RayVR Unit has participated in the certification of marine materials to determine the contents of elements such as plutonium and americium in seaweed, and in more than 40 international intercomparisons through the Monaco and Seibelsdorf Laboratories of the IAEA (International Atomic Energy Agency).

The Unit is part of the “Ring of Fire” network for the control of atmospheric radioactivity at ultra-sensitive levels. Members of the Unit have been requested to serve as international experts to evaluate samples in other accidents or as Spanish representatives to establish the range of admissible concentrations in food for customs purposes. The determination of this range requires a knowledge of the procedures used for determining them and an assessment of the sensitivity of the accepted control methods. The Unit has collaborated in the drafting of CSN guidelines, and its technicians have collaborated as instructors to teach methods and procedures in the CIEMAT Institute of Energy Studies.

It is currently collaborating with the University of Seville to lower the detection levels of atmospheric plutonium and change several radioanalytical procedures. It is also presenting projects on the international level and collaborating in the training of technicians from other countries through the IAEA.

This Environment department seems to gain momentum when accidents with radioactive consequences occur, although it is the qualification and hard work of its technicians that have earned it international prestige. This know-how and level of activity should be kept independent of the radioactivity controls in the CIEMAT environment, as it is a system that has proven to be effective for the control of third country discharges. The constant improvements in the instrumentation and computer systems associated with the RAYVR Unit will vindicate the work done with so much effort by the current group and those who preceded it, enabling statistical studies with the available data that will inform us of the most important factors that influence the temporary variations in the concentration of natural and artificial radionuclides in the Madrid urban environment and its flora and fauna. One of the challenges for the future will be to more effectively report on the results of the research carried out by this Unit (marine radioecology, dating, etc.) to the international community and to Spanish society in particular. The excessive analytical load resulting from contractual commitments has not allowed the exclusive dedication required by this difficult task.

RADIOLOGICAL PROTECTION OF THE PUBLIC AND THE ENVIRONMENT

While the Chernobyl accident of April 26, 1986 revealed major deficiencies in the national, regional and international emergency response procedures, which led to a deployment of resources both on a European-wide basis and in each of the continent’s nations to respond to the needs that emerged at that time and that have been maintained since then

En España, el CSN en el ejercicio de sus competencias mantiene un seguimiento continuo de la situación y evolución de la seguridad de las centrales nucleares de Japón en coordinación con el OIEA y otros organismos internacionales. El propio CSN aventura claramente algunas lecciones aprendidas entre las que destacan: la importancia de mantener unos niveles de seguridad tanto en el diseño como en la operación de las centrales nucleares que evite que se produzcan accidentes incluso en las circunstancias tan adversas como las que acontecieron en Fukushima; la importancia de mantener operativos y preparados los planes de emergencia para que, aún en circunstancias adversas, se pueda garantizar una protección adecuada de los ciudadanos que viven en el entorno.

El CIEMAT, como centro de investigación y referente nacional en los temas de protección radiológica no podía estar al margen de estas expectativas y, de hecho, mantiene una línea de trabajo integrada en la Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente, relacionada con la protección radiológica en las situaciones de intervención que se inició a raíz de las consecuencias del accidente de Chernobil.

El objetivo de esta Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente es desarrollar criterios y métodos de evaluación y vigilancia del impacto radiológico ambiental, debido a la presencia en el entorno de materiales radiactivos de origen natural o artificial, como consecuencia del vertido de efluentes y la disposición final de residuos radiactivos, incluyendo las actuaciones de intervención frente a contaminaciones accidentales.

La Unidad se estructura en tres grupos: desarrollo de metodologías, modelos y herramientas de evaluación del impacto ambiental para la gestión de residuos sólidos; evaluación del impacto radiológico de fuentes de radiación natural y artificial y; protección radiológica en situaciones de intervención.

El actual grupo que trabaja en esta línea, denominada de estrategias de intervención, desarrollando sus actividades, fundamentalmente, en el marco de los programas europeos de investigación en protección radiológica, y manteniendo un fuerte grado de presencia en los planes de I+D del CSN y Enresa.

Las principales actividades de la línea han comprendido, desde sus inicios, el estudio y análisis de los criterios de protección radiológica aplicables en caso de accidente, el uso de modelos de predicción para evaluar, tanto las consecuencias radiológicas y no radiológicas tras un accidente nuclear como las respuestas frente a las posibles actuaciones de remediación o restauración y el desarrollo de metodologías para el análisis de las estrategias de intervención. Posteriormente se ha ampliado el ámbito de estas actividades para incluir la implantación, demostración y entrenamiento de los sistemas de ayuda a la decisión para las situaciones de emergencia exterior en todas sus fases.

Entre los proyectos representativos del grupo a nivel internacional se encuentran: la participación en el *CHECIR 4, Subproject 6:*

through successive European Framework Programs, the Fukushima accident has posed new challenges for the international community by calling into question both the safety principles applied to the design and location of the nuclear reactors and the management of the emergency and the mitigative measures taken to protect the population and the environment.

In Spain, the CSN, as one of its functions, continuously tracks the safety situation and its evolution in Japan's NPPs in coordination with the IAEA and other international organizations. The CSN is very clear about some of the lessons learned, which include the following: the importance of maintaining safety standards in NPP design and operation to prevent accidents from occurring, even under conditions as adverse as the ones in Fukushima, and the importance of keeping emergency plans operational and prepared so that, even in adverse situations, the proper protection of the people living in the vicinity of an NPP can be guaranteed.

The CIEMAT, as a research center and national reference in matters of Radiological Protection, was necessarily involved in this situation; in fact, one of the lines of works in the Public and Environmental Radiological Protection Unit is related to Radiological Protection in situations of intervention that began in the wake of the Chernobyl accident.

The purpose of this Public and Environmental Radiological Protection Unit is to develop criteria and methods for the assessment and monitoring of the radiological environmental impact owing to the presence in the environment of natural or artificial radioactive materials, as a result of the discharge of effluents and the final disposal of radioactive wastes, including interventions in accidental contaminations.

The Unit is divided into three groups: development of environmental impact assessment methods, models and tools for the management of solid wastes; radiological impact assessment of natural and artificial radiation sources; and radiological protection in situations of intervention.

The group that is currently involved in this line of work, called intervention strategies, it carries out its activities primarily in the framework of the European Radiological Protection Research Programs, while maintaining a major presence in the R&D Plans of the CSN and Enresa.

The main activities in this area have, from the very beginning, included the study and analysis of applicable Radiological Protection criteria in accident cases, the use of prediction models to evaluate both the radiological and

The CIEMAT has a line of work of Radiological Protection in situations of intervention that began in the Chernobyl accident ”

En la actualidad se participa en la recién creada Alianza de Radioecología, integrada por los ocho centros europeos más importantes en este campo, incluyendo al CIEMAT ”

Modelling and cost-benefit analysis (III Programa Marco UE-Euratom); el Proyecto TEMAS (*Techniques and Management Strategies for Environmental Restoration and Their Ecological Consequences*) del IV Programa Marco UE-Euratom en el que se desarrolló una herramienta de gestión (Temas DSS) para ayudar en la toma de decisiones respecto a las estrategias de restauración sobre diferentes ambientes contaminados tras un accidente nuclear; La Red Temática EVANET-TERRA (*Evaluation and Network of EC-Decision Support Systems in the Field of Terrestrial Radioecological Research*) del V Programa Marco UE-Euratom; Proyecto EURANOS (*European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies*), bajo el VI Programa Marco UE-Euratom; y, desde febrero de 2011, en el proyecto de colaboración NERIS (*Towards a self sustaining European Technology Platform (Neris-TP) on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery*), bajo el VII Programa Marco EU-Euratom. Además, es miembro activo de la Plataforma Tecnológica Europea NERIS-TP (*European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery*), que opera desde 2010. A nivel nacional se han tenido acuerdos de relevancia con Enresa y el CSN.

En relación a la respuesta del CIEMAT frente a desafíos como el accidente de Fukushima, con importantes repercusiones mediáticas pero, fundamentalmente, con enorme interés científico el grupo ha confirmado su capacidad para responder rápida y de forma coordinada con el resto de colegas europeos implicados en estos temas de gestión y preparación de las emergencias a las demandas de los respectivos centros de emergencia de cada país y de otros organismos interesados. En esto ha tenido una gran importancia el hecho de disponer del sistema Rodos de ayuda a la toma de decisiones en caso de emergencias nucleares y radiológicas, al ser un sistema armonizado y de uso en el entorno europeo y que mantiene un proceso de actualización y desarrollo en el que están implicados todos los usuarios, entre los que se encuentra el CIEMAT.

El grupo está dotado con las siguientes capacidades tecnológicas:

- Metodología y código Temas para ayuda a la decisión en la restauración ambiental después de un accidente nuclear.

non-radiological consequences after a nuclear accident and the responses to possible remediation or restoration actions, and the development of methodologies for the analysis of intervention strategies. The scope of these activities was subsequently extended to include the implementation, demonstration and training of Decision-Making Support Systems for exterior emergency situations in all phases.

The representative international projects of the group include: participation in “CHECIR 4, Subproject 6: Modelling and cost-benefit analysis” (EU-EURATOM 3rd FP); Project TEMAS (*Techniques and Management Strategies for Environmental Restoration and their Ecological Consequences*) of the EU-EURATOM 4th FP, in which a management tool (TEMAS DSS) was developed to support decision making regarding restoration strategies in different contaminated environments after a nuclear accident; the EVANET-TERRA thematic network (*Evaluation and Network of EC-Decision Support Systems in the Field of Terrestrial Radioecological Research*) of the EU-EURATOM 5th FP; Project EURANOS (*European Approach to Nuclear and Radiological Emergency Management and Rehabilitation Strategies*), under the EU-EURATOM 6th FP; and since February 2011, collaboration project NERIS (*Towards a Self-sustaining European Technology Platform (NERIS-TP) on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery*), under the EURATOM 7th FP. In addition, it is an active member of the European Technology Platform NERIS-TP (*European Platform on Preparedness for Nuclear and Radiological Emergency Response and Recovery*), which has been operative since 2010. ON a national scale, it has had relevant agreements with ENRESA and the CSN.

In relation to the CIEMAT's response to challenges such as the Fukushima accident, which has had major media repercussions but fundamentally is of great scientific interest, the group has confirmed its ability to quickly respond, in coordination with the rest of its European peers involved in emergency management and preparedness, to the demands of the respective emergency centers in each country and of other stakeholder organizations. For this it has been very important to have the system RODOS for decision making support in the event of nuclear and radiological emergencies, as it is a harmonized system used in Europe that maintains an updating and development process in which all the users, including the CIEMAT, are involved.

This group has the following technological capabilities:

- TEMAS methodology and code for decision making support in environmental restoration after a nuclear accident.
- System RODOS for decision making support in the event of exterior nuclear or radiological emergencies, which includes:
- Computing codes for modeling the dispersion of accidental radioactive emissions.
- Radioecological models for making dosimetric evaluations after an accident.
- Computing codes to evaluate the consequences of counter-measures.

- Sistema Rodos para ayuda a la toma de decisiones en caso de emergencias nucleares o radiológicas exteriores, que comprende:
 - Códigos de cálculo para modelizar la dispersión de emisiones radiactivas accidentales.
 - Modelos radioecológicos para realizar evaluaciones dosimétricas tras un accidente.
 - Códigos de cálculo para evaluar las consecuencias de las contramedidas.
 - Sistema de evaluación y jerarquización respecto a la relación beneficios-desventajas, de las estrategias de remediación en emergencias nucleares y radiológicas.
- Manuales europeos y orientaciones para seleccionar las estrategias de actuación en emergencia y para el tratamiento en el largo plazo de la contaminación en áreas agrícolas y urbanas.
- Utilización y aplicación de tecnologías GIS en la gestión y preparación de la emergencia nuclear y radiológica exterior.

El sistema Rodos, en su última versión actualizada y rediseñada (Jrodos) se ha mostrado como una herramienta útil para realizar el seguimiento de accidentes alejados de nuestro entorno demostrando su flexibilidad y rapidez para adaptar su interfaz y bases de datos a situaciones y escenarios no previstos, utilizando los recursos IT estándar disponibles. Sus ventajas adicionales al poder incorporar los datos reales de la monitorización en campo para comparar con los resultados de la modelación, permitirían, además, estudiar y analizar de forma más realista el proceso de recuperación futuro.

Así, los desarrolladores del sistema, en coordinación con el resto de colegas europeos integrados en el Grupo de Usuarios de Rodos, consiguieron preparar y ajustar en pocos días tras el accidente, un paquete específico para modelar y realizar pronósticos de la situación existente y su evolución temporal y espacial.

En nuestro país, el paquete específico para Japón se instaló tanto en el CIEMAT, como en el CSN y se han realizado diversas aproximaciones para modelar cada uno de los eventos de liberación que se han ido produciendo en la central nuclear de Fukushima-Daiichi desde el momento del impacto del tsunami. Además, se han estimado tanto el posible inventario, como el término fuente en cada reactor; se han seleccionado y preparado los ficheros meteorológicos con los pronósticos de los días de las liberaciones a partir de varias fuentes de modelos globales para adecuar las simulaciones lo mejor posible a la realidad y se han incorporado los datos reales de la monitorización realizada tanto en el entorno de la central como en los pueblos de alrededor para comparar con los resultados de estas simulaciones, lo que nos permitirá analizar las actuaciones paliativas y de protección a la población que se han tomado hasta ahora y estudiar las posibles actuaciones necesarias para gestionar la recuperación y rehabilitación del entorno en el largo plazo.

En conclusión, desde el punto de vista de la investigación se abren importantes perspectivas de estudio y análisis, que como pasó tras el accidente de Chernobil, nos permitirán avanzar hacia una mejor

- System to assess and hierarchize the benefits-drawbacks of recovery strategies in nuclear and radiological emergencies.
- European manuals and guidelines to select the action strategies in an emergency and for the long-term treatment of contamination in agricultural and urban areas.
- Use and application of GIS technologies in exterior nuclear and radiological emergency management and preparedness.

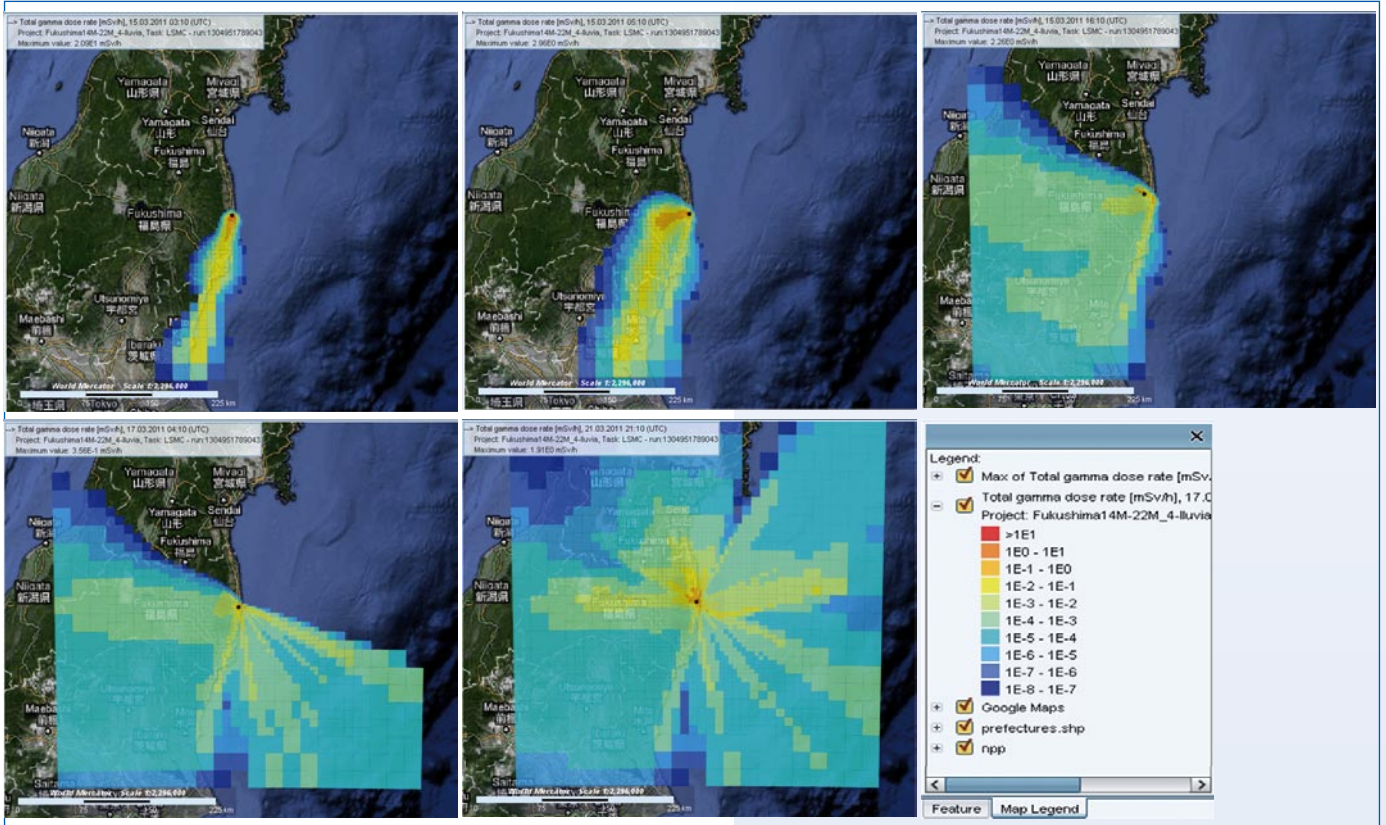
The latest updated and reworked version of system RODOS (JRODOS) has proven to be a useful tool for tracking accidents far from us and has demonstrated the flexibility and speed of adaptation of its interface and databases to unanticipated situations and scenarios, using available standard IT resources. An additional advantage is that real-time data from field monitoring can be incorporated for comparison to the results of the modeling, which will also make it possible to more realistically study and analyze the future recovery process.

Thus, the system developers, in coordination with the rest of their European peers in the RODOS Users Group, have, in just a few days after the accident, managed to prepare and adjust a specific package to model and forecast the existing situation and its temporal and spatial evolution.

In our country, the specific package for Japan was installed in both the CIEMAT and the CSN, and several approximations have been made to model each of the discharge events that have been occurring in the Fukushima nuclear power plant since the moment the tsunami hit. In addition, both the possible inventory and the source term in each reactor have been estimated, the meteorological files with the forecasts for the days of the releases have been selected from several sources and processed with global models to make the simulations as realistic as possible, and the actual monitoring data from around the plant and in the surrounding towns have been incorporated to compare then to the results of the simulations. This has allowed us to analyze the mitigative actions that have been taken to date in order to protect the population and to study the possible actions required to manage the long-term recovery and rehabilitation of the environment.

In conclusion, from the perspective of research, new opportunities for study and analysis have opened up which,

The Unit is currently participating in the recently created Radioecology Alliance formed by the eight leading European centers in this field, including the CIEMAT”



Secuencia que muestra la evolución de la tasa de dosis gamma total (mSv/h) entre los días 14 y 22 de Marzo. La modelación fue una primera aproximación al problema realizada utilizando una meteorología preparada por el grupo a partir de las medidas puntuales en el emplazamiento de Fukushima.
 Sequence shown by the evolution of the total gamma dose rate (mSv/h) between March 14 and 22. The modeling was a first approach to the problem using a meteorology prepared by the group based on the specific measurements at the Fukushima site.

adaptación de estos sistemas para ayudar en la gestión de las emergencias nucleares y radiológicas y en la posterior rehabilitación de los entornos contaminados, tanto en el nivel nacional de respuesta en la primera fase de la emergencia como a nivel regional/local en la preparación de las emergencias y recuperación del entorno con el concurso de los interlocutores sociales interesados. Y además, con la incorporación y mantenimiento de capacidades tecnológicas como el SAD Jrodos podemos dar apoyo técnico y una respuesta rápida y eficaz a los organismos o autoridades implicadas en la gestión de la emergencia nuclear o radiológica, como el CSN, Dirección General de Protección Civil y Emergencias y a aquellas autoridades locales o regionales involucradas o concernidas en estos temas.

En una situación accidental como la ocurrida en Fukushima y una vez superada la primera fase de emergencia radiológica en la que se requieren medidas urgentes para proteger a las personas, se pasa a una situación de exposición permanente. Esta situación es el resultado de los efectos residuales de la emergencia radiológica previa y, en esta etapa, es necesario evaluar la exposición de la población consecuencia de la presencia de la concentración remanente de los radionucleidos en el medioambiente. La unidad cuenta con la capacidad de modelización de la transferencia

as happened after the Chernobyl accident, will enable us to better adapt these systems to support the management of nuclear and radiological emergencies and to help in the subsequent rehabilitation of the contaminated environments, both at the national level of response in the first phase of the emergency and at the regional/local level in emergency preparedness and environmental recovery, with the participation of the social stakeholders. Moreover, with the incorporation and maintenance of technological capabilities such as SAD JRODOS, we can provide technical support and a rapid, effective response to the organizations or authorities involved in nuclear or radiological emergency management, e.g. the CSN, the Directorate General of Civil Defense and Emergencies and any local or regional authorities involved in or concerned with these matters.

In an accident situation such as the one in Fukushima, and once the first phase of radiological emergency – which will require urgent measures to protect the people – has been overcome, the situation becomes one of permanent exposure. This situation is the result of the residual effects of the preceding radiological emergency, and in this stage the population's exposure resulting from the presence of the residual concentration of radionuclides in the environment must be evaluated. The Unit has the capability to model the transfer of radionuclides via environmental compartments

de los radionucleidos a través de los compartimentos ambientales (suelo, agua, aire) y la evaluación de las dosis efectivas que recibirá la población tanto por la incorporación de estos radionucleidos vía cadena alimentaria, como por el depósito y resuspensión de los mismos. Estas evaluaciones son la base de las medidas que deban realizarse sobre la propia población como es la decisión de que las personas regresen a sus hogares; como decisiones que afectan a la comercialización de los productos fundamentalmente agrícolas.

Sin duda, otra de las necesidades que surgirán pasada la fase de emergencia radiológica, será evaluar los efectos que este accidente ha tenido y tendrá sobre el medioambiente, no centrándose en este como mero transmisor al hombre, sino como receptor en sí mismo. En este sentido, desde el año 2000 la Unidad de Protección Radiológica del Público y del Medio Ambiente, está participando en los proyectos europeos de protección del medioambiente frente a las radiaciones ionizantes. El primero fue el proyecto FASSET (*Framework for Assessment of Environmental Impact*) cuyo objetivo principal fue la creación de un marco coherente para evaluar los efectos de las radiaciones ionizantes en el medioambiente natural, completando de ésta manera el sistema de protección radiológica existente en aquel momento, basado fundamentalmente en la protección del hombre. Las conclusiones de este proyecto sirvieron de partida para el proyecto ERICA (*Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management*) perteneciente al VI Programa Marco de la UE, cuyo objetivo fue proporcionar y aplicar una aproximación integrada para abordar los aspectos científico, ejecutivo y social relacionados con los efectos de las radiaciones ionizantes en el medioambiente, con énfasis en biota y los ecosistemas. En la actualidad se participa en la recién creada Alianza de Radioecología, integrada por los ocho centros europeos más importantes en este campo, incluyendo al CIEMAT. Dicha alianza pretende, de manera sostenible, fomentar la investigación en radioecología en Europa, así como contribuir a la formación y entrenamiento en la materia de nuevos investigadores. En el marco de la alianza se ha puesto en marcha una Red de Excelencia Europea de Radioecología, respondiendo a la convocatoria Euratom del VII Programa Marco europeo. El objetivo principal de dicha red es el desarrollo de una metodología integrada para proteger tanto a las personas, como en biota de los efectos perjudiciales de la exposición a radiaciones ionizantes.

Basándose en todas estas capacidades y conocimientos, se ha podido dar respuesta, en los primeros días posteriores al accidente, a las dudas surgidas sobre los posibles efectos sobre el medioambiente y la población que fueron llegando de los distintos medios de comunicación. En la actualidad y de cara al futuro la unidad se está integrando, junto con otras instituciones y centros de investigación europeos, en los grupos de trabajo que se están formando para estudiar y sacar conclusiones, que serán sin duda alguna muy útiles y aportarán nuevas perspectivas para los desarrollos futuros en materia de protección radiológica del público y del medioambiente.

(soil, water, air) and to assess the effective doses that the population will receive from the uptake of these radionuclides in the food chain, as well as their settlement and re-suspension. These assessments are the basis of the measures that should be taken relative to the population, e.g. the decision to let people return to their homes, and the decisions that affect the marketing of mostly agricultural products.

Another need that will undoubtedly arise once the radiological emergency phase is over will be the assessment of the effects that this accident has had and will have on the environment, focusing on the environment not as a mere transmitter to humans but rather as a receptor in its own right. In this respect, since 2000, the Public and Environmental Radiological Protection Unit is taking part in European projects for environmental protection against ionizing radiation. The first was project FASSET (Framework for Assessment of Environmental Impact), the main purpose of which was to create a consistent framework to assess the effects of ionizing radiation on the natural environment, thus completing the radiological protection system that existed at the time, which was primarily based on human protection. The conclusions of this project served as the basis for project ERICA (Environmental Risk from Ionising Contaminants: Assessment and Management) of the EU 6th Framework Program, the purpose of which was to provide and apply an integrated approach for addressing the scientific, executive and social issues related to the effects of ionizing radiation on the environment, with an emphasis on biota and ecosystems. The Unit is currently participating in the recently created Radioecology Alliance formed by the eight leading European centers in this field, including the CIEMAT. This Alliance aims to promote radioecology research in Europe on a sustainable basis, and also to contribute to the training and instruction of new researchers. The alliance has implemented a European Network of Excellence in Radioecology, in response to the EURATOM call for the 7th European Framework Program. The main goal of this network is to develop an integrated methodology to protect both people and biota against the harmful effects of exposure to ionizing radiation.

Based on all these capabilities and know-how, it has been possible, in the first few days after the accident, to respond to all the doubts about the possible effects on the environment and population that were being reported in the communication media. At present and with a view to the future, the Unit, together with other European research centers and institutions, is joining the work groups that are being formed to study and draw conclusions. These conclusions will undoubtedly be very useful and will provide new perspectives for future developments in the field of Radiological Protection of the public and the environment.

Formación para la **excelencia**

Training for **excellence**

Santiago LUCAS SORIANO Adjunto a la Dirección de Seguridad, Operación y Formación de Tecnatom S.A. / Deputy Director Safety, Operation and Training Services, Tecnatom S.A.

La fiabilidad del “Factor Humano” lo constituye su competencia, entendida ésta como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que, adquiridas a través de la formación y la experiencia, conducen a un desempeño excelente y que redundan en la mejora, disponibilidad y eficiencia económica de la explotación de las instalaciones nucleares. Con el objetivo de mejorar dicha fiabilidad se diseñan y desarrollan los planes y programas de formación utilizando una metodología sistemática de la capacitación (SAT, *Systematic Approach to Training*), se imparten en entornos de aprendizaje lo más parecidos a la realidad o en el propio entorno de trabajo, con instructores altamente cualificados y con un nivel de exigencia acorde al puesto de trabajo y a los requisitos de las normas nacionales e internacionales en materia de cualificación.

La cualificación del personal de las centrales nucleares españolas ha evolucionado de forma muy rápida en los últimos años, impulsada básicamente por el cambio generacional que se está produciendo, la mejora de la transferencia de conocimientos entre el personal experimentado y los recién contratados, el refuerzo de comportamientos seguros, los programas sistemáticos de formación específicamente diseñados para asegurar la experiencia necesaria en los diferentes puestos de trabajo, y la incorporación de los avances que se han producido en las tecnologías de la Información y Comunicación aplicadas a la formación han contribuido a crear las bases para dicho cambio.

Un factor clave en la fiabilidad del “Factor Humano” lo constituye su competencia, entendida ésta como el conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes que, adquiridas a través de la formación y la experiencia, conducen a un desempeño excelente.

Es dentro de este concepto donde se entiende la formación como una herramienta estratégica de mejora en el camino hacia la excelencia en la actuación humana, cuyo desempeño, con mínimo error, redundan en la mejora de la seguridad, disponibilidad y eficiencia económica de la explotación de las instalaciones nucleares.

En este entorno, Tecnatom, se ha focalizado en ofrecer apoyo técnico y servicios de formación integral, cuyo objetivo final es contar con personal altamente cualificado y competente para realizar el trabajo en planta, para ello organiza y gestiona centros de formación dirigidos a la mejora del rendimiento humano, controlando los distintos pasos asociados a la acción formativa que va desde el reclutamiento, selección, formación inicial, reentrenamiento, al desarrollo de programas y entornos formativos, que cumplen las siguientes características:

1. Cubrir las necesidades específicas del puesto de trabajo.
2. Utilizar entornos de aprendizaje lo más parecidos a la realidad o el propio entorno de trabajo (simuladores de sala de control réplicas, Simuladores Gráficos Interactivos (SGI), talleres, laboratorios, simulador de factores humanos y la propia planta).
3. Fomentar dentro de los programas formativos las expectativas de comportamiento seguro promulgadas por la dirección de las centrales.
4. Aprender de los errores aprovechando tanto la experiencia operativa propia como la ajena que sea aplicable.
5. Desarrollar los módulos formativos adecuados (material didáctico) y ajustados a la especificidad del puesto de trabajo y un equipo de formadores (instructores) altamente cualificados, basados en la realidad práctica y preparados para cubrir las necesidades específicas de cada cliente (expertos en operación, protección radiológica, química, procedimientos, experiencia operativa, etc.).

Todos los planes de formación para los distintos colectivos han sido diseñados y desarrollados de acuerdo con los requisitos de las normas nacionales e internacionales en materia de cualificación, utilizando una metodología sistemática de la capacitación (SAT, *Systematic Approach to Training*) en su desarrollo.

Todo ello nos lleva a desarrollar planes de formación centrados en los conocimientos, habilidades y actitudes que cada trabajador debe poseer para realizar su trabajo adecuadamente, lo cual mejorará su rendimiento.

Como resultado, las plantas disponen de planes de formación a medida de cada uno de los puestos de trabajo y especialidades, con una configuración general de desarrollo que incluye tres líneas de actuación: formación de módulos generales comunes, formación de módulos específicos para el puesto de trabajo y formación en el puesto de trabajo.



Simulador réplica.
Replica Simulator.

En España el programa de formación del personal de explotación de las centrales nucleares, tanto propio como de las empresas contratistas, está regulado por el Reglamento de Instalaciones Nucleares y Radiactivas (RINR) del Ministerio de Industria y Energía (Real Decreto 1836/1999) y modificado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio (Real Decreto 35/2008).

El Reglamento establece la necesidad de que el personal que manipule los dispositivos de control de una instalación nuclear, o que dirija dichas manipulaciones, esté en posesión de una licencia específica.

Especial mención merece la formación del personal de operación de sala de control con licencia. Ésta ha sido siempre considerada como un elemento clave para la operación segura y fiable de nuestras centrales nucleares. A continuación se incluyen las ideas básicas de su entrenamiento:

La Instrucción IS-11 del Consejo de Seguridad Nuclear (21 de febrero de 2007), marca los requisitos que deben tener los aspirantes a la obtención de licencia de sala de control.

En España existen distintos tipos de licencia de operación, según la mencionada instrucción: Licencia para Supervisión y Manejo de Combustible, Operador de Turbina, Operador de Reactor, Operador “Polivalente” de Sala de Control (LO) y Licencia de Supervisor (LS).

El titular de una LS o LO deberá acreditar su aptitud para el desempeño de su puesto de trabajo, incluyendo los requisitos de salud física y estabilidad psíquica, así como la comprobación de su aptitud como trabajador expuesto a las radiaciones ionizantes, todo ello mediante los reconocimientos médicos anuales correspondientes. Adicionalmente, las cualificaciones para solicitar una Licencia son las siguientes:

1. Formación académica. El aspirante a una LO deberá estar en posesión de una titulación universitaria de grado medio o equivalente.
2. Formación específica. El titular de la central elaborará un programa de formación inicial para los aspirantes a Licencia, cuyas

The reliability of the “Human Factor” is based on competence, which is understood to be the body of knowledge, skills and attitudes that, acquired through training and experience, lead to excellent performance and have a bearing on the economic efficiency, improvement and availability of the operation of nuclear installations. In order to improve this reliability, training programs are designed and developed methodology using a Systematic Approach to Training (SAT); they are implemented in learning environments as close as possible to reality or in the workplace itself, with highly qualified instructors and a level of demand according to the job position and the requirements of national and international qualification standards.

The qualification of Spanish nuclear power plant personnel has evolved very rapidly in recent years, basically driven by the generational changeover that is occurring. A better transfer of knowledge between experienced personnel and recently hired people, the reinforcement of safe behaviors, the systematic training programs specifically designed to assure the necessary experience in the different job positions and the incorporation of breakthroughs in the Information and Communication technologies applied to training have all helped to create the bases for this change.

A key factor in the reliability of the “Human Factor” is competence, which is understood to be the body of knowledge, skills and attitudes that, acquired through training and experience, lead to excellent performance.

It is within this concept where training is understood as a strategic improvement tool on the road towards excellence in human activity, where performance, with a minimum of errors, has a bearing on the economic efficiency, improvement and availability of the operation of nuclear installations.

In this setting, Tecnatom has focused on offering technical support and integral training services, the ultimate purpose of which is to have highly qualified, competent personnel to perform the in-plant work. To this end, it organizes and manages Training Centers aimed at improving human performance by controlling the different steps associated with the training activity, which includes everything from recruiting, selecting, initial training and retraining to the development of training programs and environments that meet the following requirements.

1. Cover the specific needs of the job position.
2. Use training environments as close as possible to reality or the workplace itself (control room replica simulators, interactive graphic simulators (IGS), workshops, laboratories, human factors simulator and the plant itself).
3. In the training programs, promote the expectations of safe performance proclaimed by the plant management.
4. Learn from errors, based on both the plant’s own operating experience and applicable external experience.



Prácticas en el Simulador de Factores Humanos.
Human Factors Simulator practice.

líneas generales constarán en el Reglamento de Funcionamiento (RF). La descripción detallada de los programas de formación y entrenamiento inicial de Licencias deberá ser aceptada por el Tribunal de Licencias del CSN y se ajustará a la Guía de Seguridad 1.1 (CSN 1986).

Estos programas deberán ser evaluados anualmente y revisados, de modo apropiado, por el titular para garantizar su efectividad (incluyendo la experiencia de la industria nuclear, modificaciones que afecten a la central nuclear, procedimientos, normativa y requisitos de garantía de calidad). El titular mantendrá registros de estos programas en archivos que garanticen su integridad y accesibilidad.

3. Entrenamiento. Dentro del programa de formación deberá estar contemplado el entrenamiento en un simulador de alcance total adecuado y aceptado por el CSN para la central para la que se solicita la Licencia, con capacidad para operar en condiciones normales, transitorias y de accidente, siguiendo el correspondiente programa de entrenamiento.

4. Experiencia. Los aspirantes a LO no necesitarán acreditar experiencia previa; sin embargo, una vez concedida la licencia, el titular deberá programar un período de tutela efectiva directa en sala de control por un operador experimentado.

En el caso de los aspirantes a LS, se exige una experiencia mínima de tres años ejerciendo el puesto de operador con licencia de modo efectivo.

A título de ejemplo, el programa de preparación de un operador de sala de control dura 33 meses aproximadamente. Durante los primeros 11 meses el candidato se forma en los aspectos más teóricos y tecnológicos, posteriormente integra todos estos conocimientos en su aplicación práctica en el simulador durante seis meses y, finalmente, adquiere la experiencia necesaria en su central.

Durante el entrenamiento se evalúa de forma continua el aprovechamiento mediante pruebas periódicas y excluyentes, y la calificación mínima requerida para superar las pruebas es del 80 % sobre 100 %.

Finalmente los candidatos se presentarán durante tres días a los exámenes finales escritos (la calificación global ha de superar el

5. Develop suitable training modules (didactic material) tailored to the specific nature of the job and a team of highly qualified trainers (instructors), based on the practical reality and prepared to cover the specific needs of each client (experts in operation, radiological protection, chemistry, procedures, operating experience, etc.).

All the training plans for the different collectives have been designed and developed in accordance with the requirements of national and international standards of qualification, using a Systematic Approach to Training (SAT) methodology for development.

All this leads us to develop training plans focused on the know-how, skills and attitudes that workers should possess to do their work properly, which will improve their performance.

As a result, the plants have training plans tailored to each job position and speciality, with a general development configuration that includes three courses of action: training in general common modules, training in job specific modules and on-the-job training.

In Spain, the training program for nuclear power plant operating personnel – both plant staff and contractor employees – is regulated by the Nuclear and Radioactive Installation Regulation (RINR) of the Ministry of Industry and Energy (Royal Decree 1836/1999) and modified by the Ministry of Industry, Tourism and Trade (Royal Decree 35/2008).

The Regulation specifies the requirement that personnel who manipulate the control devices of a nuclear installation, or who direct these manipulations, must have a specific license.

Special mention is made of the training of licensed control room operating personnel. This has always been considered a key element for the safe, reliable operation of our nuclear power plants. Following are the basic ideas behind their training:

Nuclear Safety Council (CSN) Instruction IS-11 (February 27, 2007) specifies the requirements that Control Room License candidates must meet.

In Spain, there are different kinds of Operating Licenses, according to the above mentioned instruction: Fuel Supervision and Handling License, Turbine Operator, Reactor Operator, “Multi-Purpose” Control Room Operator (OL) and Supervisor License (SL).

The holder of an SL or OL must prove his/her aptitude to perform the job, including the requirements of physical health and mental stability, as well as confirm his/her fitness as a worker exposed to ionizing radiation, all by means of annual medical checkups. In addition, the qualifications to apply for a License are as follows:

1. Academic training. An OL candidate must have a university bachelor's degree or equivalent.
2. Specific training. The plant owner will prepare an initial training program for Licensing candidates, the general lines of which will be recorded in the Operations Regulation (RF). The detailed description of the initial training and practice program must be accepted by the CSN Licensing Board and it will conform to Safety Guideline 1.1 (CSN 1986).



Vista general del Simulador de Factores Humanos.
General view of the Human Factors Simulator.

80 %), prácticos de simulador (cada candidato se evalúa independientemente en una prueba de grupo de forma similar a como se realizaría en Sala de Control) y examen de planta (consta de dos partes: sesión de gabinete sobre uso de procedimientos y aspectos administrativos y recorrido por planta).

La superación de estos exámenes, realizados por el Tribunal de Licencias del CSN, les dará paso a la obtención de la correspondiente Licencia. Las licencias de operador y supervisor son personales e intransferibles, específicas para su instalación, y se conceden por un período de seis años.

Fruto de un exigente proceso de selección y del seguimiento continuado a lo largo del programa de preparación de Licencias, el 94 % aproximadamente de los candidatos presentados a exámenes finales del CSN, entre 2000 y 2010, obtuvieron su licencia.

Las competencias adquiridas durante la formación inicial se mantienen y actualizan mediante programas de formación continuada que incluyen, entre otros temas, lecciones aprendidas de la experiencia operativa, modificaciones de diseño y de procedimientos, y repaso de los fundamentos más importantes de su área de especialización.

A título de ejemplo, sistemáticamente los turnos de operación entrenan en el simulador una semana cada semestre (30-40 horas), completándolo con un programa teórico de más de 100 horas anuales.

El proceso de obtención de licencia en España es de los más completos y exigentes.

Los jefes del Servicio de Protección Radiológica también necesitan una licencia para poder ejercer en las centrales. El CSN, tras evaluar el expediente y examen, la concede con validez indefinida, siempre que el titular continúe en su puesto.

La Instrucción IS-03 (CSN, 2002), recoge los requisitos que debe cumplir la persona que ocupe el puesto de jefe de Servicio de Protección Radiológica.

These programs must be evaluated on a yearly basis and revised, as appropriate, by the owner to ensure their effectiveness (including the experience of the nuclear industry, modifications that affect the nuclear power plant, quality assurance procedures, standards and requirements). The owner will keep records of these programs in files that guarantee their integrity and accessibility.

3. Practice. The training program must include practical training on an adequate full-scope simulator accepted by the CSN for the plant for which the License is requested, with capacity to operate under normal, transient and accident conditions, following the corresponding practical training program.
4. Experience. OL candidates will not need to prove previous experience; however, once the license is granted, the owner must schedule a period of effective coaching directly in the control room by an experienced operator.

In the case of SL candidates, a minimum experience of 3 years effectively performing the job of a Licensed Operator is required.

By way of example, the control room operator preparation program lasts approximately 33 months. During the first 11 months, the candidate is trained in the most theoretical and technological subjects, and later all that knowledge is practically applied in the simulator during 6 months. Finally, the necessary experience in the plant is acquired.

During practical training, performance is continuously evaluated by means of periodic tests, and the minimum grade required to pass the tests is 80 % over 100 %.

Finally, the candidates will take three days of final written examinations (the overall grade must be greater than 80 %), practical simulator tests (each candidate is evaluated separately in a group test similar to how a Control Room would be run) and a plant examination (consisting of two parts: lab session on use of procedures and administrative aspects, and a plant walkthrough).

If the candidates pass these examinations, given by the CSN Licensing Board, they will be able to obtain the corresponding License. The Operator and Supervisor Licenses are personal and non-transferable, specific to their installation and granted for a period of six years.

Formación • Training

Se exige título oficial de licenciado, ingeniero o arquitecto, y una formación específica.

Por último, el resto del personal de explotación que no requiere licencia, tales como los técnicos de mantenimiento, monitores de protección radiológica, analistas químicos e ingenieros, entre otros, así como el personal de las empresas externas que, eventualmente o de manera permanente, prestan sus servicios a las centrales nucleares también disponen de programas de formación inicial y continuada de acuerdo con la Instrucción IS-12 (CSN, 2007).

Es importante resaltar el esfuerzo por capacitar al personal de las centrales nucleares en términos de competencias no técnicas (trabajo en equipo, comunicación, liderazgo, toma de decisiones conservadoras, cultura de seguridad, refuerzo positivo, motivación personal, autoverificación, doble verificación, uso y respeto de los procedimientos, etc.), estas acciones han sido una característica constante de los programas formativos de Tecnatom desde 1994.

Lo que comenzó como un complemento a la formación técnica de los equipos de sala de control se ha convertido progresivamente en una formación esencial, no sólo para el colectivo de operación, sino también para todo el personal de las instalaciones nucleares.

Todo el personal se ha ido enriqueciendo en técnicas de prevención de errores, capacitación y participación activa en cultura de seguridad, formación en habilidades directivas para el personal responsable de las plantas, refuerzo de comportamientos seguros en sala de control y otros programas destinados a entender y practicar estrategias de intervención humana y siempre animándoles a reflexionar sobre la importancia de estos aspectos en la operación segura de las instalaciones nucleares; en esta línea cabe destacar el desarrollo de un simulador de factores humanos donde es posible comprobar la eficacia del uso de una serie de herramientas que permiten mejorar, tanto a nivel individual como en equipo, las competencias de actuación e interrelaciones humanas.

Otra línea de actuación ha sido la incorporación a la formación de los avances en tecnología de la información y comunicación que han permitido mejorar el acceso a la información durante las fases de su entrenamiento, para ello los alumnos disponen de un ordenador portátil con un interfaz de tipo tablet PC, que ha eliminado el 98 % de la documentación en papel, permitiendo el acceso rápido e interactivo a toda la información, a los contenidos multimedia (planos, fotos, videos, realidad virtual), a la simulación virtual de la sala de control, a la toma de notas directamente sobre los documentos o en un bloc de notas digital, a realizar resúmenes mediante el uso de reconocimiento de la escritura, etc., de una forma ágil, natural, ergonómica, y en cualquier momento o lugar, gracias a la facilidad de la portabilidad del equipo; organismos internacionales como INPO

Thanks to a demanding process of selection and continuous follow-up throughout the License preparation program, approximately 94 % of the candidates who took the CSN final examinations between 2000 and 2010 obtained a License.

The skills acquired during initial training are maintained and updated through continuous training programs, including lessons learned from the operating experience, design and procedure modifications, and review of the most important fundamentals in the area of specialization.

By way of example, the operating shifts systematically practice on the simulator for one week every six months (30-40 hours), and this is completed with a theoretical program of more than 100 hours a year.

The Licensing process in Spain is one of the most complete and demanding ones anywhere.

The heads of the Radiological Protection Service also need a License to be able to work in the plants. The CSN, after evaluating the dossier and examination, grants it for an indefinite period of time, provided the licensee continues in his/her job post.

Instruction IS-03 (CSN, 2002) specifies the requirements that the person holding the post of Head of the Radiological Protection Service must meet.

An official Bachelor's, Engineering or Architecture degree and specific training are required.

Finally, the rest of the operating personnel who do not need a License, e.g. maintenance technicians, radiological protection monitors, chemical analysts and engineers, as well as the personnel of external companies who temporarily or permanently provide their services to the nuclear power plants, also have initial and continuous training programs in accordance with Instruction IS-12 (CSN, 2007).

It is important to note the effort made to qualify the personnel of the nuclear power plants in non-technical skills (teamwork, communication, leadership, conservative decision making, safety culture, positive reinforcement, personal motivation, self-verification, double verification, use of and respect for procedures, etc.). These activities have been a constant feature of the Tecnatom training programs since 1994.

What began as a complement to the technical training of the control room staff has progressively become essential training, not only for the operators' collective, but also for all the personnel in nuclear installations.

All employees have received education in error prevention techniques, training for active participation in the safety culture, training in managerial skills for plant executives, reinforcement of safe behaviors in the control room and other programs focusing on the understanding and practice of human intervention strategies, always encouraging them to think about the importance of these aspects to the safe operation of nuclear installations. Of note in this area is the development of a human factors (HF) simulator, where it is possible to check the effectiveness of the use of a series of tools to improve performance skills and human interrelations, both individually and as a team.

Another course of action has been to incorporate advances in information and communication technology into the training, which has improved access to information during the training phases. For this purpose, the students have a laptop with a tablet PC interface, which

(*Institute of Nuclear Power Operations*) y OIEA (Organismo Internacional de Energía Atómica) han considerado la incorporación de estas herramientas como una buena práctica a nivel internacional.

Bajo el paraguas de la formación se encuentran los esfuerzos realizados para mejorar y completar la gestión del conocimiento y su transferencia, así como los distintos entornos, las herramientas formativas que se han desarrollado para acercarnos a las estrategias en la búsqueda de la excelencia en el desempeño humano, y los instructores y especialistas de alta cualificación, todo ello dirigido a conseguir el objetivo general de evitar errores y mejorar la eficiencia de la seguridad, disponibilidad y economía de las plantas de energía nuclear.

Tecnomat continuará con el compromiso de ofrecer mejoras en sus servicios de formación con el fin de dar a nuestros clientes soluciones formativas en sintonía con sus necesidades y siguiendo los avances que se produzcan tecnológicamente en esta materia.

Referencias bibliográficas

- ANS (2009), Nuclear power plant simulators for use in operator training and examination, ANSI/ANS-3.5, Illinois, American Nuclear Society.
- CSN (1986), Cualificaciones de Licencias de Personal para la obtención y uso de Operación de centrales nucleares, Guía de Seguridad 1.1, Madrid, Consejo de Seguridad Nuclear.
- Ministerio de Industria y Energía, Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, en Ordenamiento jurídico nuclear, modificado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Real Decreto 35/2008, de 18 de enero.
- CSN (2002), Instrucción IS-03, de 6 de noviembre de 2002, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes, BOE 297, 43264-70.
- CSN (2007a), Instrucción IS-11, de 21 de febrero de 2007, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre licencias de personal de operación de centrales nucleares, BOE 100, 18364-70.
- CSN (2007b), Instrucción número IS-12 12, de 28 de febrero de 2007, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se definen los requisitos de cualificación y formación del personal sin licencia, de plantilla y externo, en el ámbito de las centrales nucleares, BOE 113, 20577-83.
- NRC (20011, Rev. 4), Nuclear power plant simulation facilities for use in operator training and license examinations, Regulatory Guide 1.149, U.S. Nuclear Regulatory Commission.

has eliminated 98 % of the documentation on paper and enabled fast, interactive access to all information, to multimedia contents (drawings, photos, videos, virtual reality), to virtual simulation of the control room, to note taking directly on the documents or in a digital notepad, to summaries using handwriting recognition, etc. This is done quickly, naturally and ergonomically and in any place or at any time, thanks to the ease of portability of the equipment. International organizations such as INPO (Institute of Nuclear Power Operations) and IAEA (International Atomic Energy Agency) have considered the incorporation of these tools as a best practice on an international scale.

The training umbrella encompasses the efforts made to improve and complete knowledge management and transfer, as well as different environments, training tools that have been developed to implement strategies in the search for excellence in human performance, and highly qualified instructors and specialists. All of this is intended to achieve the general goal of preventing errors and improving the safety, availability and economy of nuclear power plants.

Tecnomat will continue with its commitment to offer improvements in its training services, in order to provide our clients with training solutions in tune with their needs and incorporating the technological advances in this field.

Bibliographic References

- ANS (2009), Nuclear power plant simulators for use in operator training and examination, ANSI/ANS-3.5, Illinois, American Nuclear Society
- CSN (1986), Cualificaciones de Licencias de Personal para la obtención y uso de Operación de centrales nucleares, Guía de Seguridad 1.1, Madrid, Consejo de Seguridad Nuclear.
- Ministerio de Industria y Energía, Real Decreto 1836/1999, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento sobre instalaciones nucleares y radiactivas, en Ordenamiento jurídico nuclear, modificado por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, Real Decreto 35/2008, de 18 de enero.
- CSN (2002), Instrucción IS-03, de 6 de noviembre de 2002, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre cualificaciones para obtener el reconocimiento de experto en protección contra las radiaciones ionizantes, BOE 297, 43264-70.
- CSN (2007a), Instrucción IS-11, de 21 de febrero de 2007, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre licencias de personal de operación de centrales nucleares, BOE 100, 18364-70.
- CSN (2007b), Instrucción número IS-12 12, de 28 de febrero de 2007, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se definen los requisitos de cualificación y formación del personal sin licencia, de plantilla y externo, en el ámbito de las centrales nucleares, BOE 113, 20577-83.
- NRC (20011, Rev. 4), Nuclear power plant simulation facilities for use in operator training and license examinations, Regulatory Guide 1.149, U.S. Nuclear Regulatory Commission.

La Utilización de la Ciencia y Tecnología Nuclear de Forma Segura y Pacífica

Using Nuclear Science and Technology Safely and Peacefully

Peter KAISER División de Información al Público del OIEA / Public Information Division of the IAEA.

El día 11 de marzo de 2011, la central nuclear de Fukushima Daiichi sufrió un accidente grave tras un fuerte terremoto y el posterior tsunami. Como consecuencia de este accidente, millones de personas en todo el mundo se preguntan si algún día la energía nuclear será lo suficientemente segura. A la vista de estas dudas, el director general del OIEA, Yukiya Amano, aseguró que “el OIEA seguirá cumpliendo su mandato de ayudar a mejorar la seguridad de las centrales nucleares y garantizar la transparencia de la información sobre los riesgos de la radiación. Solo de esta forma conseguiremos dar respuesta a las preocupaciones planteadas por Fukushima Daiichi”.

El día 19 de abril de 2011, Tokyo Electric Power Company (TEPCO), empresa operadora de las unidades nucleares siniestradas en Japón, anunció una hoja de ruta de dos etapas hacia la estabilización de las unidades. El objetivo de la primera etapa, que tendrá una duración prevista de tres meses, consiste en reducir gradualmente las dosis de radiación. En la segunda etapa, que previsiblemente dure otros tres a seis meses, se pretende controlar la liberación de materiales radiactivos, reduciendo aún más las dosis de radiación de forma significativa. El OIEA está prestando su asesoramiento y asistencia en este proceso.

En el mes de junio de 2011, hacia el final de la primera fase de la hoja de ruta de TEPCO, el director general Amano convocó una Conferencia Ministerial sobre Seguridad Nuclear del OIEA para evaluar el accidente de Fukushima Daiichi, así como analizar las formas de mejorar el estado de preparación y la respuesta a las emergencias y, en general, revisar la seguridad nuclear. Está previsto que la conferencia ministerial marque el comienzo de un proceso a largo plazo para reforzar el marco mundial de la seguridad nuclear. Anticipando este proceso, el director general Amano ha dicho que “todos los que trabajamos en el campo nuclear –operadores, reguladores, gobiernos y organismos internacionales– tenemos por delante una dura tarea para ayudar a garantizar al público que la operación de las centrales nucleares puede ser segura y lo será en el futuro”.

COOPERACIÓN INTERNACIONAL EN SEGURIDAD NUCLEAR

Hace veinticinco años, el accidente de Chernobil dio lugar a una intensificación importante de la cooperación internacional en seguridad nuclear. Se desarrollaron y se adoptaron cuatro convenios de seguridad, dos códigos de conducta, unos principios fundamentales de seguridad y una colección de Normas de Seguridad del OIEA reconocidas a nivel mundial. Las Normas de Seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional sobre lo que constituye un alto nivel de seguridad para la protección de las personas y el medioambiente contra los efectos dañinos de la radiación ionizante.

Aunque no se conoce el efecto final que tendrá el accidente de Fukushima Daiichi en la aceptación social de la energía nuclear, siguen siendo válidos los factores que han conducido al creciente interés de muchos países en el establecimiento de programas de energía nuclear: la demanda de energía en el mundo aumenta las emisiones de “gases de efecto invernadero”, que ya están contribuyendo a trastornos climáticos. Debido a incertidumbres económicas y de seguridad, tales como la inflación de los precios de petróleo y gas natural y la preocupación por el abastecimiento, junto con nuevos retos medioambientales, es previsible que tengan cada vez más importancia las fuentes de energía neutras en cuanto al carbono, conforme los países busquen soluciones para sostener las crecientes poblaciones urbanas y las industrias que les da empleo. El director general del OIEA advirtió hace poco que los países deben enmarcar sus políticas energéticas “en un amplio contexto y pensando en una perspectiva a largo plazo, y mientras la energía

Las Normas de Seguridad del OIEA reflejan un consenso internacional sobre un alto nivel de seguridad para la protección de las personas y el medioambiente ”

nuclear se mantiene como opción importante para muchos países, es imprescindible que sigamos trabajando en la mejora de la seguridad nuclear”.

LA UTILIZACIÓN SEGURA DE LA ENERGÍA NUCLEAR

Para mejorar la seguridad de la energía nuclear, desde el OIEA se asesora a los países sobre cómo establecer el marco jurídico y regulador apropiado y cómo garantizar los más altos niveles de seguridad, protección física y salvaguardias. Los expertos del OIEA transmiten conocimientos de la planificación energética y económica, gestión de proyectos, suministradores, construcción, puesta en servicio, arranque y operación de los reactores nucleares. El resultado final deseado es permitir a los países introducir la energía nuclear con inteligencia, rentabilidad, seguridad y protección física.

Los principales “productos” de seguridad del OIEA son sus normas internacionales de seguridad. Su efectividad depende de su aplicación correcta y rigurosa por los estados miembros. El OIEA no tiene competencias para auditar la seguridad del diseño u operación de las centrales nucleares, ni para verificar y hacer cumplir la aplicación efectiva de las normas de seguridad, ya que dicha tarea es una prerrogativa nacional y soberana. Por eso motivo, el OIEA presta servicios para evaluar y mejorar la seguridad de la ingeniería, operativa, radiológica, de transporte y de los residuos, así como para revisar la infraestructura reguladora y la cultura de seguridad en los estados miembros.

Como la seguridad nuclear y radiológica es una responsabilidad nacional, a los estados miembros del OIEA se les anima a adoptar las normas de seguridad del OIEA para su utilización en la reglamentación nacional. También aplican las normas los diseñadores, fabricantes y operadores en todo el mundo, para mejorar la seguridad nuclear y radiológica en la generación eléctrica, la medicina, la industria, la agricultura y la investigación.

En la actualidad, la seguridad nuclear está complementada por procedimientos y normas de seguridad para proteger a las instalaciones nucleares contra actos terroristas. El OIEA ayuda a los estados miembros a evaluar sus necesidades de seguridad, a reducir los riesgos y a reforzar la seguridad donde los materiales nucleares u otros radiactivos son empleados, almacenados o transportados. El OIEA tiene un amplio programa de seguridad nuclear,

The Fukushima Daiichi nuclear power plant in Japan suffered a serious accident on March 11, 2011, following a massive earthquake and tsunami. It caused millions of people around the world ask whether nuclear energy can ever be made sufficiently safe. In view of these questions, IAEA Director General Yukiya Amano said “the IAEA will continue to pursue its mandate to help improve nuclear power plant safety and to ensure transparency about the risks of radiation. Only in this way will we succeed in addressing the concerns that have been raised by Fukushima Daiichi”.

On 19 April, 2011, the Tokyo Electric Power Company, the operator of the stricken Fukushima Daiichi nuclear power plants in Japan, announced a two-stage roadmap towards stabilisation of the power plants. In the first stage, expected to last three months, the aim is to steadily reduce radiation doses. The second step, expected to take another three to six months, involves bringing the release of radioactive material under control, further reducing radiation doses significantly. The IAEA is providing advice and assistance in this process.

In June, 2011, towards the end of the first phase of the TEPCO roadmap, Director General Amano convened an IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety to assess the Fukushima Daiichi accident and discuss ways of strengthening emergency preparedness and response and to review nuclear safety generally. The Ministerial Conference is expected to be the beginning of a long-term process to strengthen the global nuclear safety framework. In looking forward to this process, Director General Amano stated that “all of us working in the nuclear field - operators, regulators, governments and international organizations - have an enormous task ahead of us in helping to assure the public that nuclear power plants can and will be operated safely”.

INTERNATIONAL COOPERATION IN NUCLEAR SAFETY

Twenty-five years ago, the Chernobyl accident led to a significant intensification of international cooperation in nuclear safety. Four safety conventions, two Codes of Conduct, fundamental safety principles and a body of globally recognised IAEA Safety Standards were developed and adopted. The IAEA’s “Safety Standards” reflect an international consensus on what constitutes a high level of safety for protecting people and the environment from harmful effects of ionizing radiation.

While the Fukushima Daiichi accident’s ultimate effect on the social acceptance of nuclear power is unknown, the factors that led to many nations’ burgeoning interest in establishing nuclear power programs remain valid: Rising global energy demand increases “greenhouse gas” emissions, which are already contributing to climatic disruptions. Economic and security uncertainties, such as oil and natural gas price inflation and supply concerns, combined with new environmental challenges, suggest that carbon-neutral energy sources will become ever more important as countries search for solutions to support growing urban populations and the industries that employ them. The IAEA Director General advised recently that countries should frame their energy policies “in a broad context and with a long-term perspective in mind, and while nuclear power will remain an important option for many countries, it is essential that we continue to work on improving nuclear safety”.

que va desde la protección física en las instalaciones a la detección y respuesta a la radiación. Los expertos en seguridad del OIEA ayudan a los estados a garantizar la seguridad nuclear en grandes actos públicos. Por ejemplo, el OIEA está actualmente negociando un posible apoyo a los Juegos Olímpicos de Londres 2012, y ha desarrollado un programa de asistencia a Polonia y Ucrania como anfitriones del Campeonato de Fútbol Europeo 2012.

INICIATIVAS PRINCIPALES

El OIEA se creó a finales de la década de 1950 “para acelerar y aumentar la contribución de la energía atómica para fines de paz, salud y prosperidad en todo el mundo”. Hoy en día, la “Agencia” promueve la utilización de la tecnología nuclear para el diagnóstico y tratamiento de distintas enfermedades, para el estudio y la mejora de la nutrición, para garantizar la seguridad alimentaria y para gestionar el medioambiente y los recursos hídricos mediante la entrega de conocimientos, equipos y habilidades a través de su amplio programa de cooperación técnica.

AGUA

Solo una minúscula fracción del agua en el mundo está disponible para nuestro uso. Hay casi mil millones de personas que no tienen acceso a una fuente de agua potable segura y adecuada. En el año 2011, el OIEA ha destacado las técnicas nucleares para medir las reservas de agua, evaluar su calidad, gestionar el consumo agrícola y localizar y detener la contaminación acuática. En el OIEA, se usan técnicas nucleares que emplean isótopos para “mapear”, hacer un seguimiento e identificar el agua y sus componentes para saber cuánto está disponible, como se utiliza y donde aparecen los contaminantes. Se pueden emplear estas técnicas isotópicas en cualquier punto del ciclo del agua, desde las nubes y la lluvia y la nieve, pasando por los glaciares y los ríos y, finalmente, hasta los océanos. Por ejemplo, el Acuífero de Nubia es una gran reserva de agua subterránea de alta calidad compartida por Chad, Egipto, Libia y Sudán. El OIEA ha ayudado a estos cuatro países a desarrollar una estrategia de cooperación para gestionar este sistema. Durante más de medio siglo, el OIEA ha prestado estos servicios medioambientales y agrícolas a sus estados miembros.

El OIEA imparte formación a los científicos sobre cómo hacer un seguimiento de contaminantes en el agua mediante el estudio de su composición isotópica utilizando técnicas nucleares no solo precisas, sino también económicas. Ellos buscan dónde entran los contaminantes en el suministro de agua, la velocidad a la que se mueven y cómo cambian en función del movimiento subterráneo o superficial del agua. Los científicos pueden localizar la fuente con el fin de detener la contaminación.

El OIEA está involucrado en proyectos de campo y de investigación, desde Egipto hasta Chile y desde Kenia hasta China, para evaluar y gestionar los recursos hídricos subterráneos, para reducir las pérdidas de agua en las reservas y para apoyar los trabajos de limpieza de ríos y lagos contaminados. Dichos trabajos han dado lugar a nuevos conocimientos que permiten comprender mejor la

USING NUCLEAR POWER SAFELY

To enhance nuclear power safety, for example, the IAEA advises countries on how to put the appropriate legal and regulatory framework in place and how to ensure the highest standards of safety, security and safeguards. IAEA experts provide know-how in energy and economic planning, project management, procuring vendors construction, commissioning, start-up and operation of nuclear reactors. The desired end-result is to enable countries to introduce nuclear power knowledgeably, profitably, safely and securely.

The IAEA's main safety “products” are its international safety standards. Their effectiveness depends upon their proper and strict application by the Member States. The IAEA does not have a mandate to audit the safety of nuclear power plant design or operations, or to verify and enforce the safety standards' effective application. That task is a sovereign national prerogative. For that reason, the IAEA provides safety services to assess and improve engineering safety, operational safety, radiation, transport and waste safety, as well as to review regulatory infrastructure and the safety culture in Member States.

Since nuclear and radiation safety are a national responsibility, IAEA Member States are encouraged to adopt the IAEA's safety standards for use in their national regulations. The standards are also applied by designers, manufacturers and operators around the world to enhance nuclear and radiation safety in power generation, medicine, industry, agriculture, and research.

Nuclear safety today is complemented by security procedures and standards to protect nuclear facilities from malicious acts. The IAEA helps Member States assess their security needs, reduce risks and bolster security wherever nuclear or other radioactive material is used, stored or transported. The IAEA has an extensive nuclear security programme which extends from physical protection at facilities to radiation detection and response. IAEA security experts help States to ensure nuclear security at major public events. For example, currently the IAEA is discussing possible support to the 2012 London Olympic Games, has a well-developed programme of assistance to Poland and Ukraine as hosts of the 2012 European Football Championship.

MAJOR INITIATIVES

The IAEA was created in the late 1950s “to accelerate and enlarge the contribution of atomic energy to peace, health and prosperity throughout the world.” Today the “Agency” supports nuclear technology's use in diagnosing and treating a variety of diseases, studying and improving nutrition, ensuring food security, and managing the environment and water resources by delivering know-how, equipment and expertise through the IAEA's extensive Technical Cooperation programme.

The IAEA's “Safety Standards” reflect an international consensus on what constitutes a high level of safety for protecting people and the environment ”

El OIEA tiene datos específicos para diseñar un plan de formación de profesionales sanitarios sobre cuándo y cuánta radiación es adecuada para cada exploración ”

formación, utilización y gestión de los recursos hídricos, a veces proporcionando datos que faltaban para mejorar la comprensión del ciclo de vida del agua.

CÁNCER

Las técnicas nucleares también constituyen una importante herramienta para luchar contra el cáncer. El cáncer ha alcanzado cifras muy altas en el mundo en vías de desarrollo, donde se produce el 70 por ciento de los 7,9 millones de fallecimientos anuales por esta enfermedad. Muchos países en vías de desarrollo no tienen las instalaciones necesarias para hacer un diagnóstico y tratamiento adecuado del cáncer, y algunos ni siquiera poseen una sola máquina de radioterapia, lo que significa que muchos miles de personas se mueren de cáncer en estos países, personas que, si vivieran en un país desarrollado, podrían ser tratados con éxito, o incluso curados.

En el año 2004, el OIEA puso en marcha el “Programa de Acción para la Terapia contra el Cáncer” (PATC) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud, organizaciones internacionales de cáncer y programas nacionales de control del cáncer. El programa PATC ayuda a los países en desarrollo a establecer programas nacionales integrales de control del cáncer. En África, por ejemplo, ha ayudado a unos 20 estados miembros a establecer unidades de radioterapia. Teniendo en cuenta que las necesidades de cada país son únicas, el Programa PATC y los socios han desarrollado programas piloto de control del cáncer en siete países: Albania, Ghana, Nicaragua, Sri Lanka, República Unida de Tanzania, Vietnam y Yemen. Estos países modelo de demostración del PATC permiten demostrar que se pueden desarrollar e implantar con éxito unos planes de acción y unos programas nacionales de control del cáncer sostenibles para poder responder a las necesidades nacionales específicas.

USOS PACÍFICOS DE LAS APLICACIONES NUCLEARES

El OIEA también ayuda a los países a utilizar técnicas isotópicas y nucleares para intensificar la producción de cultivos y ganado, para monitorizar la acidificación de los océanos, para desarrollar variedades de cultivos de alto rendimiento, para erradicar plagas de insectos y para aumentar la producción industrial.

WATER

Only a tiny fraction of the world’s water is available for our use. Nearly a billion people do not have access to safe, adequate drinking water. In 2011, the IAEA highlights nuclear techniques to measure water reserves, assess their quality, manage agricultural water consumption, and to track and stop aquatic pollution. The Agency uses nuclear techniques that utilize isotopes to precisely map, follow and identify water and its components to understand how much is available, how it is used, and where pollutants arise. These isotopic techniques can be used anywhere in the water cycle, from cloud, to rain, to snow, to glacier, river, and finally to the ocean. For instance, the Nubian Aquifer is a single massive reservoir of high-quality groundwater shared by Chad, Egypt, Libya, and Sudan. The IAEA has helped these four countries develop a cooperative strategy to manage this trans-boundary aquifer system. For over half a century, the IAEA has provided these environmental and agricultural services to its Member States.

The IAEA trains Member States’ scientists to track pollutants in water by studying the isotopic composition of water using precise, yet robust and affordable nuclear techniques. They find where contaminants enter the water supply, the speed at which the pollutants move, and how they change as the water moves underground or along the surface. Scientists can locate the source, in order to stop the pollution.

The IAEA is involved in field and research projects, from Egypt to Chile and from Kenya to China, to assess and manage groundwater resources, to cut water losses in reservoirs, and support work to clean up polluted rivers and lakes. Such work has led to new insights about how water resources are formed, used, and managed - often providing missing data to improve the understanding of water’s lifecycle.

CANCER

Nuclear techniques also provide a potent arsenal of weapons to fight cancer. Cancer has reached epidemic proportions in the developing world, where 70 percent of the 7.9 million annual cancer deaths occur. Many developing countries do not have the facilities to provide adequate diagnosis and treatment for cancer. Some do not have a single radiotherapy machine. This means countless thousands of people die of cancer in developing countries, who could be successfully treated, or even cured, if they lived in developed countries.

In 2004, the IAEA launched the “Programme for Action for Cancer Therapy (PATC) collaborating with the World Health Organization, international cancer organizations, and national cancer control programmes. PATC helps developing countries establish comprehensive national cancer control programmes. In Africa, for example, it has helped some 20 Member States to establish radiotherapy capacity. Understanding that each country’s needs are unique, PATC and partners have developed pilot cancer control programmes in seven countries: Albania, Ghana, Nicaragua, Sri Lanka, United Republic of Tanzania, Vietnam and Yemen. These PATC Model Demonstration Sites serve to demonstrate that effective, sustainable national cancer control programmes and action plans can be developed and successfully implemented to address specific national needs.

PEACEFUL USES OF NUCLEAR APPLICATIONS

The IAEA also helps countries to use isotopic and nuclear techniques to intensify crop and livestock production, to monitor ocean

SEGURIDAD DE TRABAJADORES Y PACIENTES

El diagnóstico y el tratamiento médico expone a los pacientes a más radiación que nunca antes en la historia, y aquí se incluyen las exposiciones tanto intencionadas como involuntarias. Los accidentes no están limitados en absoluto a los países en vías de desarrollo. Según la Organización Mundial de la Salud, al menos 3000 pacientes se han visto afectados por incidentes y accidentes relacionados con la radioterapia en los últimos 30 años, que provoca más fallecimientos por radiación aguda que cualquier otra fuente, incluyendo la exposición a la radiación en centrales nucleares e industriales.

El OIEA ha desarrollado datos específicos para cada país para diseñar un plan de formación de profesionales sanitarios sobre cuándo y cuánta radiación resulta adecuada para las distintas exploraciones. Su objetivo es concienciar sobre los riesgos minimizando las dosis de radiación y, a la vez, manteniendo la calidad de la imagen radiográfica.

En un estudio encabezado por el OIEA en 12 países de África, Asia y el Este de Europa, se demostró que la implantación de medidas de control de calidad ayudaba a reducir las dosis de radiación y la mala calidad en las exploraciones radiográficas. Las medidas de control de calidad y la formación realizada hasta ahora con médicos y reguladores están teniendo un efecto positivo, mejorando considerablemente la seguridad de los pacientes.

LA NO PROLIFERACIÓN

Corresponde al OIEA verificar que los estados están en pleno cumplimiento de sus obligaciones de no proliferación, así como confirmar que los materiales nucleares se emplean para fines pacíficos. El director general Amano ha declarado que su propósito, desde que ocupó su puesto en el mes de diciembre de 2009, es muy sencillo: “se deben implementar totalmente todos los acuerdos de salvaguardias entre los estados miembros y el OIEA, así como otras obligaciones relevantes”. El sistema de salvaguardias constituye un instrumento imprescindible para la no proliferación nuclear y la cooperación nuclear pacífica. Reconociendo este hecho, el Tratado sobre la No Proliferación de las Armas Nucleares (NPT) obliga a todas las partes que son estados sin armas nucleares (NNWS) a alcanzar acuerdos globales de salvaguardias con el OIEA, poniendo así todos sus materiales nucleares bajo salvaguardia.

ÁTOMOS PARA LA PAZ EN UN SIGLO NUEVO

Muchos de los retos con los que se enfrenta actualmente el OIEA son muy diferentes de los previstos por nuestros fundadores hace más de 50 años. A pesar de estos cambios, el objetivo principal de “Átomos para la Paz” –difusión de los beneficios de la ciencia y tecnología nuclear para fines pacíficos– sigue siendo relevante y más necesario que nunca, con la utilización de las técnicas nucleares por los estados miembros para responder a los emergentes retos del siglo XXI.

acidification, develop high-yield varieties of crops, eradicate insect pests and boost industrial performance.

WORKER AND PATIENT SAFETY

Medical diagnosis and treatment exposes patients to more radiation than ever before; this includes intentional, as well as unintentional exposures. Accidents are by no means limited to developing countries. According to the World Health Organisation, at least 3,000 patients have been affected by radiotherapy incidents and accidents in the last 30 years, this accounting for more acute radiation deaths than any other source, including power plant and industrial radiation exposure.

The IAEA developed country-specific data to design a training curriculum for health practitioners on when and how much radiation is appropriate for different examinations. The aim is to raise awareness of the risks, minimizing radiation dosages, while maintaining the quality of the x-ray image.

An IAEA-led study in 12 countries in Africa, Asia and Eastern Europe showed that implementing quality control measures helped lower radiation doses and reduce poor quality in radiographic examinations. The quality control measures and training conducted so far with practitioners and regulators are having positive effects and are measurably improving patient safety.

NON-PROLIFERATION

The Agency's job is to verify that States are fully complying with their non-proliferation obligations and to confirm that nuclear material is being used for peaceful purposes. Director General Amano stated that his aim since entering office in December 2009 has been very simple, “all safeguards agreements between Member States and the Agency, and other relevant obligations, should be implemented fully”. The safeguards system provides an indispensable instrument for nuclear non-proliferation and peaceful nuclear co-operation. In recognition of this, the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT) makes it mandatory for all non-nuclear-weapon States (NNWS) parties to conclude comprehensive safeguards agreements with the IAEA, and thus put all of their nuclear material under safeguards.

ATOMS FOR PEACE IN A NEW CENTURY

Many of the challenges which the IAEA faces today are very different from those envisaged by our founders more than 50 years ago. Despite these changes, the core objective of “Atoms for Peace” –making the benefits of nuclear science and technology available for peaceful purposes– remains relevant and more urgently needed than ever before as Member States use nuclear techniques to meet the challenges arising in the 21st century.

IAEA has specific data to design a training curriculum for health practitioners on when and how much radiation is appropriate for each examination ””

El accidente de Fukushima:

La investigación al servicio de la comunicación

The Fukushima Accident:

Research at the Service of Communication

Luis Enrique HERRANZ y Enrique GONZÁLEZ División de Fisión Nuclear del CIEMAT / CIEMAT Nuclear Fission Division

Este artículo ofrece una visión actual de la situación en Fukushima, a la vez que ahonda en algunos de los fenómenos determinantes en la evolución del accidente. Además, introduce las principales reflexiones derivadas de Fukushima, de acuerdo con las discusiones mantenidas a distintos niveles en el ámbito internacional. Todo ello desde la perspectiva de la División de Fisión Nuclear, cuyas principales actuaciones se sintetizan en la última parte del texto.

INTRODUCCIÓN

El 11 de marzo de 2011 un terremoto de nivel 9 en la escala de Richter azotó la costa noreste de Japón (distrito de Tohoku). Aproximadamente 50 minutos después, un tsunami con una altura de ola estimada de 14 metros alcanzó la costa japonesa. Como consecuencia de estos sucesos naturales, han fallecido casi 15 000 personas y otras 10 000 continúan desaparecidas.

Las centrales nucleares en el área vieron afectado su funcionamiento por tales eventos, quedando las unidades 1-4 de la central de Fukushima Daiichi privadas de cualquier forma de aporte energético que pudiera activar los sistemas de seguridad tal cual estaba previsto en el diseño. Como consecuencia se desencadenó un accidente severo múltiple en los reactores 1-3 y el edificio del reactor de la Unidad 4 sufrió grandes daños.

La situación de Japón atrajo la atención mundial a todos los niveles, desde la industria y los reguladores nucleares hasta el público, pasando por el colectivo investigador. El CIEMAT se sumó a esta llamada y, desde el comienzo, articuló los medios a su alcance para lograr una correcta comprensión del escenario planteado y, desde ella, responder a la demanda de comunicación desde los medios. En estas labores, las más de dos décadas de investigación sobre accidentes severos en el CIEMAT han sido instrumentales.

El accidente nuclear de Japón ha reforzado aún más la cooperación internacional en materia nuclear. La bien establecida colaboración a través de instituciones como el OIEA (Organismo Internacional de la Energía Atómica) y la NEA (*Nuclear Energy Agency*) de la OECD, o el propio WANO (*World Association of Nuclear Operators*), se ha intensificado de modo espectacular. Fruto de ello se han celebrado recientemente dos reuniones de alto nivel: la conferencia ministerial sobre Seguridad Nuclear organizada por el OIEA (Viena, 20-24

de junio), y el Foro de la NEA sobre Fukushima (París, 8 de junio). A estas manifestaciones se han unido muchas de carácter bilateral, desplazando materiales y expertos desde países como Estados Unidos, Rusia, China, Corea del Sur o el Reino Unido.

Como consecuencia del accidente de Fukushima, las autoridades de diversos países (i.e., Francia, EE UU, Corea del Sur, etc.) emprendieron un examen de sus centrales nucleares para evaluar su respuesta frente a sucesos similares a los vividos por Japón. La iniciativa de mayor repercusión en España será la realización de las pruebas de resistencia definidas desde la Unión Europea a través de ENSREG (*European Nuclear Safety Regulators Group*) con la colaboración de WENRA (*Western European Nuclear Regulator's Association*).

Este artículo ofrece una visión actual de la situación en Fukushima, a la vez que ahonda en algunos de los fenómenos determinantes en la evolución del accidente. Además, introduce las principales reflexiones derivadas de Fukushima, de acuerdo con las discusiones mantenidas a distintos niveles en el ámbito internacional. Todo ello desde la perspectiva de la División de Fisión Nuclear, cuyas principales actuaciones se sintetizan en la última parte del texto.

PANORÁMICA DEL ACCIDENTE

Situación inicial

En el momento del terremoto existían en el distrito de Tohoku 12 reactores nucleares en operación (Higashidori, 1; Onagawa, 3; Fukushima Daiichi, 3; Fukushima Daini, 4; Tokai Daini, 1) y otros tres en operaciones de inspección y mantenimiento (Fukushima Daiichi, unidades 4, 5 y 6). Después del tsunami, 11 de estos reactores lograron detenerse alcanzando condiciones estables controladas: Higashidori, Onagawa, Fukushima Daiichi 5 y 6, Fukushima

Protección Radiológica • Radiological Protection

Daini y Tokai Daini. El accidente nuclear se desarrolló, por tanto, en las unidades 1-4 de la central de Fukushima Daiichi; en el caso de esta última, sin combustible dentro del reactor, la situación de alerta se localizó en las piscinas de almacenamiento de combustible.

Origen y evolución

Tras detectar el terremoto, los tres reactores en operación en la central nuclear de Fukushima (unidades 1-3), se apagaron automáticamente como estaba previsto. El terremoto supuso la pérdida de energía eléctrica exterior (seis líneas procedentes de tres suministradores distintos), de modo que los generadores diesel de emergencia (12 en total en las seis unidades) arrancaron y suministraron energía a los sistemas de refrigeración. Tras la llegada del tsunami 11 de estos sistemas auxiliares de potencia quedaron inutilizados, permaneciendo uno de ellos (perteneciente a la Unidad 6) operativo. Gracias a él, las unidades 5 y 6 pudieron ser llevadas a condiciones de parada fría segura.

Inicialmente, los tres reactores contaban con sistemas de refrigeración preparados para entrar en funcionamiento incluso en estas condiciones. La Unidad 1 utilizó el denominado condensador de aislamiento, un sistema pasivo que actúa sin provisión de energía. Las unidades 2 y 3 no contaban con este sistema, pero tenían un sistema alternativo encargado de la refrigeración del reactor en condiciones de aislamiento (RCIC, *Reactor Core Isolation Cooling System*); su operación precisa un suministro energético de apoyo, que se consigue a través de baterías existentes en cada una de estas unidades. En el caso de la Unidad 3 la actuación del RCIC estuvo reforzada por la del sistema de inyección de agua a alta presión (HPCI, *High Pressure Injection System*). Diversos motivos condujeron al

This article provides an overview of the situation in Fukushima, and also takes an in-depth look at the determining phenomena in the evolution of this accident. In addition, it describes the main conclusions drawn from Fukushima, in accordance with the discussions held at different levels in the international arena. All this is from the perspective of the Nuclear Fission Division, whose main activities are summarized in the last section of the article.

INTRODUCTION

On March 11, 2011, an earthquake rated at level 9 on the Richter scale hit the northeast coast of Japan (Tohoku district). Approximately 50 minutes later, a tsunami with an estimated wave height of 14 m struck the Japanese coast. Nearly 15 000 people have died as a result of these natural disasters, and about 10 000 are still missing.

The operation of the nuclear power plants in the area was affected by these events. Units 1-4 of the Fukushima Daiichi power plants were left without any form of power supply that could actuate the safety systems included in the reactor design. This triggered a multiple severe accident in reactor units 1, 2 and 3, and also resulted in additional serious damages in the reactor building of unit 4.

The situation in Japan attracted the world's attention at all levels, from the nuclear industry and regulatory bodies to the public and, of course, to the research community. From the very first moment, CIEMAT went into action and used the means at

its disposal to try to correctly understand the events at the power plant and in this way respond to the demands of information and clarifications from the media. The more than two decades of research on severe accidents in CIEMAT have been instrumental for these purposes.

The nuclear accident in Japan has strengthened the already generalized international cooperation in the nuclear field. The well-established collaboration through institutions such as the IAEA (International Atomic Energy Agency), the OECD's NEA (Nuclear Energy Agency) and WANO (World Association of Nuclear Operators) has been dramatically intensified. Thanks to this, two high level meetings were recently held: the ministerial conference on Nuclear Safety organized by the IAEA (Vienna, June 20-24) and the NEA Forum on Fukushima (Paris, June 8). In addition, many bilateral actions, mobilizing materials and experts from different countries such as United States, Russia, China, South Korea and United Kingdom have already taken place.

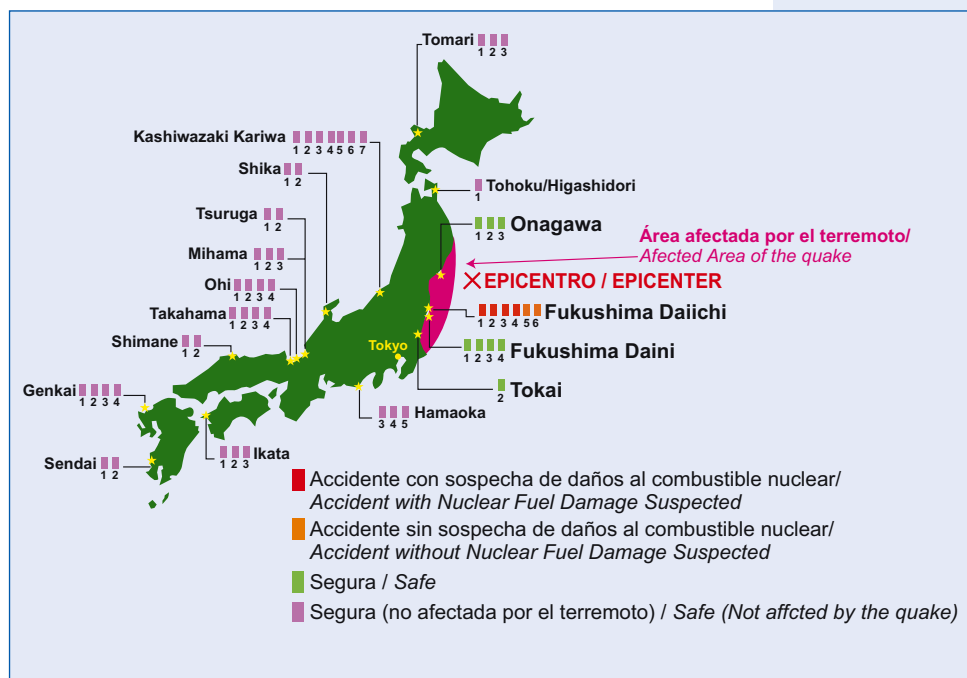


Figura 1. Estado de las centrales nucleares de Japón tras el terremoto (JAIF).
Figure 1. Status of the Japanese nuclear power plants after the earthquake (JAIF).

detenimiento de estos sistemas de refrigeración. El lapso de tiempo hasta la inyección externa de agua en los reactores, propició el deterioro del combustible hasta su fusión, cuya extensión parece no haber sido la misma en las tres unidades. Durante esta degradación se generó abundante hidrógeno (H_2) que, presumiblemente, fue la causa de las explosiones ocurridas en los edificios de los reactores 1-4.

El agua inyectada vaporizó al entrar en contacto con el combustible a elevada temperatura. Una fracción del vapor generado pasó hasta la contención primaria de los reactores a través de las válvulas de seguridad, de acuerdo con el diseño. El incremento de la presión en contención por encima de los valores de diseño, sugirió la conveniencia de llevar a cabo liberaciones controladas de gas a la atmósfera para, de este modo, preservar el funcionamiento de la contención como última barrera entre la radiactividad y el medioambiente. Tras esta operación se produjeron explosiones, presumiblemente de H_2 , en la parte alta del edificio exterior a la contención en las unidades 1 y 3; en el caso de la Unidad 2, aún no se ha determinado con precisión el lugar de la explosión, aunque se postula que ocurrió en las proximidades del pozo húmedo. Después de la Unidad 3, el edificio de la Unidad 4 sufrió también daños importantes debido a una explosión, posiblemente de H_2 .

La liberación radiactiva ocasionada se ha estimado en aproximadamente un 10 % de la sucedida en Chernobil. Las descargas a la atmósfera estimadas por las autoridades reguladoras japonesas para los isótopos ^{131}I y ^{137}Cs han sido, respectivamente, $1,6 \cdot 10^{17}$ Bq y $1,5 \cdot 10^{16}$ Bq (estos isótopos se adoptan como referencia por su significativo impacto radiológico, como se ilustrará en otro artículo de este número de VÉRTICES). Además se han producido liberaciones de material radiactivo al mar desde las unidades 2 y 3 ($4,7 \cdot 10^{15}$ Bq y $2,0 \cdot 10^{13}$ Bq, respectivamente); se ha confirmado la eficiencia de las medidas adoptadas para su detención. Como consecuencia de la sustancial liberación de material radiactivo, el accidente nuclear se ha clasificado en la escala internacional de sucesos nucleares en el nivel más alto de gravedad (nivel 7).

As a result of the Fukushima accident, the authorities of several countries (France, USA, South Korea, etc.) embarked on an evaluation of their nuclear power plants to assess their response to events similar to those experienced in Japan. The most relevant initiative for Spain will be the stress tests defined by the European Union through ENSREG (European Nuclear Safety Regulators Group), with the collaboration of WENRA (Western European Nuclear Regulator's Association).

This article provides an overview of the situation in the Fukushima nuclear power plants, and also takes an in-depth look at the phenomena determining the evolution of this accident. In addition, it describes the main conclusions drawn from the Fukushima accident, following the discussions held at different levels in the international arena. All this will be presented from the perspective of the Nuclear Fission Division, whose main activities are summarized in the last section of the article.

OVERVIEW OF THE ACCIDENT

Initial Situation

At the time of the earthquake, there were 12 nuclear reactors in operation at the Tohoku district (Higashidori, 1; Onagawa, 3; Fukushima Daiichi, 3; Fukushima Daini, 4; Tokai Daini, 1) and another three in inspection and maintenance outages (Fukushima Daiichi, units 4, 5 and 6). After the tsunami, 11 of these reactors managed to shut down and reach controlled, stable conditions: Higashidori, Onagawa, Fukushima Daiichi 5 and 6, Fukushima Daini and Tokai Daini. However, a nuclear accident evolved in units 1-4 of the Fukushima Dai-ichi nuclear power plant. In the latter unit, without fuel inside the reactor, the situation of alert was localized in the fuel storage pools.

Origin and Evolution

After the earthquake was detected, the three reactors in operation in the Fukushima nuclear power plant (units 1-3) automatically shut down according to design. The earthquake caused the loss of external electrical power (6 lines from 3 different power supplies), so the emergency diesel generators (a total of 12 in the 6 units) started up and supplied power to the cooling systems. After the tsunami hit, 11 of these auxiliary power systems were rendered inoperative and only one of these (belonging to unit 6) continued to operate. Thanks to this system, it was possible to achieve a safe cold shutdown in units 5 and 6.

Originally, the three reactors had cooling systems prepared to start operating even under these conditions. Unit 1 used the so-called isolation condenser, a passive system that works without a power supply. Units 2 and 3 did not have this system, but they had an alternative system to cool the reactor under conditions of isolation (RCIC, Reactor Core Isolation Cooling System). Its operation requires a backup power supply, which is obtained from batteries installed in each of these units. In the case of Unit 3, the effect of the RCIC was reinforced by the operation of the

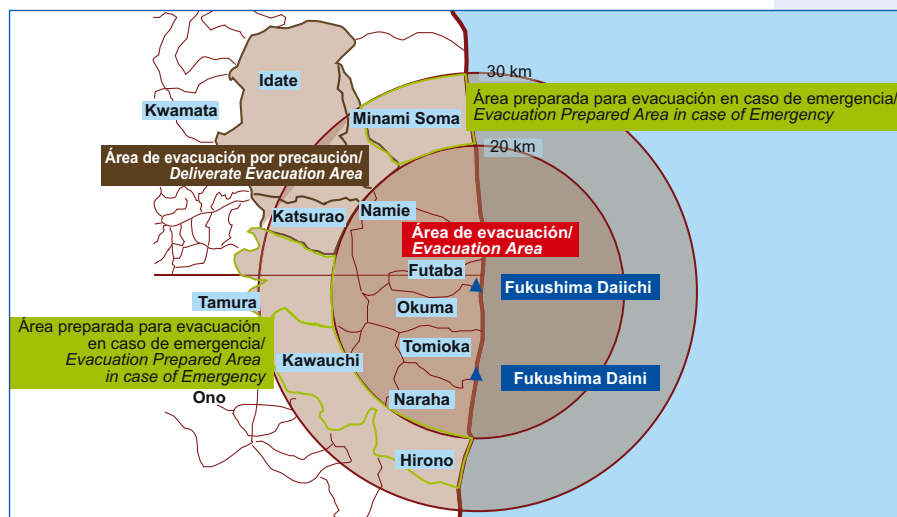


Figura 2. Áreas protegidas (NISA).
Figure 2. Protected Areas (NISA).

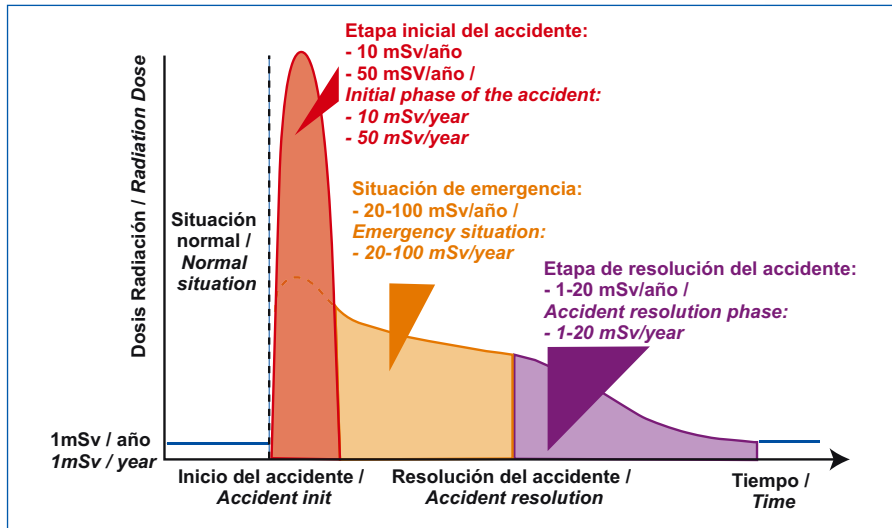


Figura 3. Criterios de protección en términos de dosis de radiación (NISA).
Figure 3. Protection Criteria in Terms of Radiation Dose (NISA)

Medidas de protección radiológica

Ante esta situación las autoridades niponas mediaron una serie de actuaciones previstas en los planes de emergencia nuclear: evacuación progresiva de las áreas de los 3 km (día 11) y los 20 km (día 12); refugio en edificios cerrados de los habitantes en la zona de los 20-30 km y preparación de evacuación en caso de emergencia; distribución de pastillas de yoduro potásico (KI) para la saturación de la glándula tiroides; etc. En total, alrededor de 88 000 personas han sido evacuadas. La Figura 2 ofrece una imagen de la distribución de las áreas protegidas alrededor de la central de Fukushima. Debe subrayarse que los criterios adoptados han estado, en todo momento, de acuerdo con las directrices de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), cuyos fundamentos provienen de las recomendaciones emanadas por la Comisión Internacional para la Protección Radiológica (ICRP). La Figura 3 ofrece un esquema de los mismos.

Desde el día 13 de marzo hasta el 31 de mayo 200 000 personas han sido sometidas a examen médico sin haberse hallado ningún caso de exposición por encima de los límites establecidos. Especial mención merecen los casi 1100 niños revisados, cuya exposición de tiroides fue, en todos los exámenes, inferior a los niveles límites de detección. Entre los trabajadores, 30 de ellos recibieron dosis por encima de los 100 mSv y algunos de ellos han sobrepasado incluso los 250 mSv; dos trabajadores recibieron dosis equivalentes en piel entre 2 y 3 Sv. Todos ellos serán sometidos a un seguimiento médico riguroso a lo largo del tiempo.

Hasta el momento, el accidente de Fukushima no ha agregado ni una sola víctima como consecuencia de la exposición a la radiación a las más de 25 000 ocasionadas por la catástrofe natural de Japón.

Plan de estabilización

Se ha articulado un plan de estabilización del accidente en dos periodos temporales, corto (6-9 meses) y medio plazo (más allá de 9 meses). Las medidas adoptadas se recogen de manera resumida en la Tabla 1,

High Pressure water Injection System (HPCI). Different circumstances lead to the interruption of the operation of these cooling systems. The time lapse up to external water injection into the reactors caused the degradation of the fuel reaching a partial meltdown with different extent in the 3 units. During this degradation, abundant hydrogen (H_2) was generated, and this presumably was the cause of a series of explosions in reactor buildings 1-4.

The injected water vaporized on entering into contact with the fuel at high temperatures. According to the design, a fraction of the resulting vapor passed through the safety valves to the primary containment of the reactors. The pressure enhance in the containment beyond its design values made it advisable to carry out controlled gas releases to the atmosphere. In

this way, the containment's function as the ultimate barrier between the radioactivity and the environment was preserved. After this operation, explosions –presumably of H_2 – took place. In the case of Units 1 and 3 these explosions were located at the upper floor of the reactor building outside the containment. For Unit 2, the site of the explosion has still not been exactly identified, although it is assumed that it occurred in the vicinity of the wetwell. After the explosion in Unit 3, the Unit 4 building also suffered major damage due to an explosion, possibly of H_2 .

The radioactive release is estimated to be approximately 10% of the radioactivity released from Chernobyl. The Japanese regulatory authorities estimated the atmospheric discharges of isotopes ^{131}I and ^{137}Cs to be $1.6 \cdot 10^{17}$ Bq and $1.5 \cdot 10^{16}$ Bq, respectively (these isotopes are used as reference because of their relevance for the radiological impact, as will be illustrated in another article for this issue of VÉRTICES). In addition, there were releases of radioactive material to the sea from units 2 and 3 ($4.7 \cdot 10^{15}$ Bq and $2.0 \cdot 10^{13}$ Bq, respectively). As a result of the substantial release of radioactive material, the nuclear accident has been classified at the highest level of severity (level 7) on the International Nuclear Event Scale.

Radiological Protection Measures

To face of this situation, the Japanese authorities reacted with a series of actions indicated by the nuclear emergency plans: progressive evacuation of a 3-km area (day 11) and a 20-km area (day 12); shelter for residents in closed buildings in the 20-30 km area, and preparation of evacuation in the event of emergency; distribution of potassium iodide pills (KI) for thyroid gland saturation; etc. In total, around 88 000 people have been evacuated. Figure 2 shows an image of the distribution of the protected areas around the Fukushima power plant. It should be noted that the criteria used have at all times been in accordance with the guidelines of the International Atomic Energy Agency (IAEA), whose fundamental principles stem from the recommendations issued by the International Commission on Radiological Protection (ICRP). Figure 3 shows a scheme of these criteria.

Between March 13 and May 31, 200 000 people were given medical check-ups and no case of exposure of public outside

Problemas / Problems		Actuaciones / Actions
Refrigeración Cooling	Reactor / Reactor	<ul style="list-style-type: none"> • Inyección de N₂. / N₂ injection. • Establecimiento de sistemas cerrados de refrigeración del reactor basados en el uso del agua contaminada existente en los edificios. / Establishment of closed reactor cooling systems based on the use of contaminated water existing in the buildings.
	Piscina de combustible / Fuel pool	<ul style="list-style-type: none"> • Establecimiento de sistema cerrado de refrigeración. / Establishment of closed cooling system
Mitigación Mitigation	Agua acumulada / Underground water	<ul style="list-style-type: none"> • Puesta en funcionamiento de instalaciones de almacenamiento y procesamiento. / Put storage and processing installations into operation.
	Agua subterránea	<ul style="list-style-type: none"> • Mitigación de la contaminación de aguas subterráneas. / Mitigation of underground water contamination.
	Atmósfera/suelo / Atmosphere/ground	<ul style="list-style-type: none"> • Rociado de un inhibidor de la dispersión de partículas depositadas sobre el suelo. / Spraying of an inhibitor to prevent particle dispersion on the ground. • Recogida de escombros. / Rubble collection.

Tabla 1. Medidas de recuperación del accidente de Fukushima.
Table 1. Fukushima accident recovery measures.

y están clasificadas según su naturaleza en: refrigeración y mitigación. Muchas de ellas están en marcha o en planificación actualmente. A corto plazo las actuaciones prioritarias están dirigidas hacia: la consecución de una refrigeración estable de reactores y piscinas, de modo que se logre alcanzar de forma automática la condición fría del material radiactivo; el confinamiento y retención de los materiales radiactivos para evitar que escapen de la central eliminando riesgos adicionales de irradiación al público y el medioambiente; y el almacenamiento seguro del agua contaminada en el interior de los edificios, a fin de propiciar su descontaminación y ulterior utilización en circuitos de refrigeración.

ESCENARIOS Y FENÓMENOS DETERMINANTES

Fukushima ha recordado que existen dos lugares en una central nuclear desde los que podría emitirse material radiactivo: el reactor y las piscinas de almacenamiento de combustible. Tanto en uno como en otro, han ocurrido o se han postulado algunos fenómenos que han resultado determinantes en el devenir del accidente. A continuación se mencionan algunos de ellos, estableciendo su conexión con la tecnología nuclear propia de la planta. Asimismo, se discuten algunos aspectos aún abiertos a interpretación. Con objeto de limitar la extensión del artículo, se han elegido dos escenarios específicos para el desarrollo de esta sección: el reactor de la Unidad 1 y la piscina de la Unidad 4. El primero se refiere no sólo a la fenomenología acontecida dentro del propio reactor, sino también a las consecuencias fuera de él (i.e., contención primaria y secundaria).

Tecnología BWR3-Mark I

Los reactores de las unidades 1-3 de Fukushima Daiichi son de agua en ebullición (BWR, *Boiling Water Reactor*) diseñados por General Electric. La Unidad 1, tipo BWR-3, tenía una potencia eléctrica de 460 MWe, mientras que las unidades 2 y 3, de tipo BWR-4, alcanzaban 784 MWe. Todos ellos están albergados en contenciones tipo Mark-I.

the power plant was found above the established limits. In particular, for the almost 1100 children who were checked for thyroid exposure all the results were below the detection limits. Among the workers, 30 received doses above 100 mSv and some of them have even exceeded 250 mSv; two workers received equivalent doses to the skin of between 2 and 3 Sv. All of them will be subjected to rigorous medical follow-ups over time.

To date, the Fukushima accident has not added one single victim, as a result of exposure to radiation, to the more than 25 000 life lost in Japan because of the natural catastrophes of earthquake and tsunami.

Stabilization Plan

An accident stabilization plan has been put into place for two time periods: short-term (6-9 months) and medium-term (beyond the 9 months). The measures included in the plan are summarized in Table 1 and are classified according to their purpose – ooling or mitigation. Many of them are currently under way or in the planning stage. The priority actions in the short term are aimed at: achieving stable cooling of the reactors and pools so that the radioactive material will reach the cold safe condition; confining and retaining the radioactive materials to prevent them from being released from the plant, thus eliminating further risks of irradiation to the public and environment; and safely storing the contaminated water inside the buildings in order to decontaminate it for subsequent use in cooling circuits.

MAIN SCENARIOS AND PHENOMENA

The Fukushima accident has been a reminder to show that there are two places in a nuclear power plant from which radioactive material can be emitted: the reactor and the fuel storage pools. Some phenomena have occurred or have been postulated in both locations as determining factors in the evolution of the accident. Some of these are described below, indicating their connection to the specific technology of these

Protección Radiológica • Radiological Protection

La Figura 4 ilustra la disposición de los principales elementos de este tipo de reactores. Es interesante hacer notar algunas de las características de las contenciones Mark-I con influencia en el accidente de Fukushima. En primer lugar, la contención consta de dos grandes volúmenes: el pozo seco y el pozo húmedo. El primero, fabricado de acero y reforzado en la mayoría de su superficie por hormigón armado, tiene forma de bombilla y rodea a la vasija del reactor y a los lazos de recirculación. El segundo, conectado al anterior a través de un sistema de grandes conducciones (venteos), tiene forma toroidal y, aproximadamente, el 50 % de su volumen está ocupado por agua. Éste forma lo que habitualmente se denomina piscina de supresión, cuya principal misión es la condensación del vapor de agua entrante a través de los venteos, reduciendo así la presión. No menos importante es el efecto filtrante del agua cuando el gas contaminado con aerosoles y productos de fisión borbotea a su través.

Pozo seco y pozo húmedo forman la contención primaria (CP), cuyo diseño ha de soportar presiones y temperaturas resultantes del accidente de referencia (accidente base de diseño); además, debe proteger al reactor de cualquier suceso externo contemplado en el proyecto (i.e., terremotos, tsunamis, actos de terrorismo, etc.). La CP está rodeada por un edificio que alberga los sistemas de refrigeración de emergencia y la piscina de combustible gastado (edificio del reactor). A diferencia de la contención, la configuración de este edificio, también denominado contención secundaria, es específica de cada central.

La relación entre volumen de la contención primaria y la potencia térmica del reactor es pequeña (comparada con la de otros diseños de reactores nucleares). Este hecho hace que la CP sea más vulnerable, en principio, a posibles explosiones de H_2 . Por ello, el interior de la contención contiene sólo nitrógeno (N_2), como profilaxis frente a potenciales reacciones de oxidación del H_2 con el oxígeno (O_2) del aire; se dice que la contención está inertizada.

Alrededor de los años 80, se propuso en EE UU la retro-alimentación de las contenciones Mark-I con sistemas de venteo para evitar la sobre-presión dentro de la CP en algunos escenarios accidentales. En los años 90, estos sistemas se instalaron también en la central de Fukushima Daiichi.

Las piscinas albergan el combustible tras su irradiación en el reactor. En el caso de Fukushima su volumen depende de la unidad: 1000 m³ en la Unidad 1; 1400 m³ en las unidades 2-5 y 1500 m³ en la Unidad 6, aproximadamente. La cantidad de elementos almacenados en ellas el 11 de marzo era variable, desde apenas unos 300 elementos (Unidad 1) hasta más de 1300 (Unidad 4). La mayor singularidad reside no sólo en el abultado número de elementos en la piscina de la Unidad 4, sino que, además, 548 de ellos correspondían a elementos que se retiraron del reactor sólo tres meses antes para realizar tareas de mantenimiento.

Los elementos de combustible, de unos cuatro metros de altura, se sitúan en bastidores en el fondo de la piscina. En condiciones normales, están cubiertos por 7-8 m de agua desde su extremo superior (12 metros de profundidad de agua en total). Este inventario de agua es responsable, a través de un circuito de refrigeración, de eliminar de las piscinas el calor residual que el decaimiento de los productos radiactivos contenidos en el combustible producen.

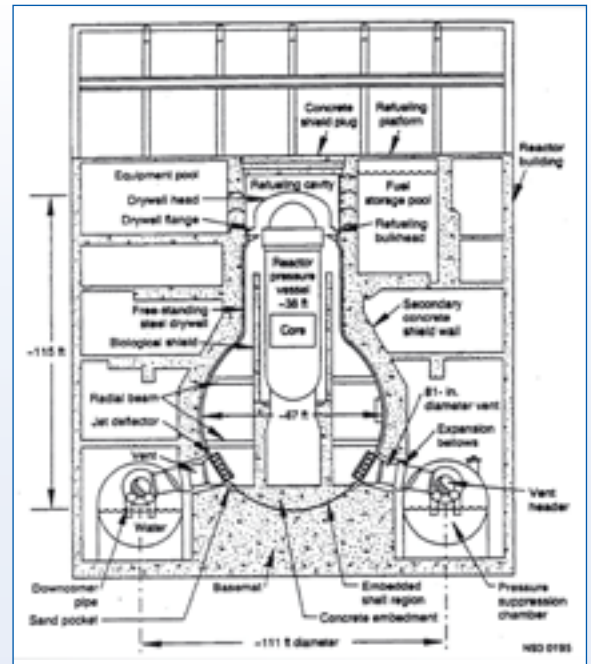


Figura 4. Contención Mark-I (SNL).

Figure 4. Mark-I Containment (SNL).

nuclear plants. Other aspects, still open to interpretation, are also discussed. In order to limit the length of this article, two specific scenarios have been chosen for discussion in this section: the reactor of Unit 1 and the pool of Unit 4. The former refers not only to the phenomena that occurred inside the reactor, but also to the consequences outside it (i.e., primary and secondary containment).

BWR3-Mark I Technology

The reactors of Fukushima Daiichi units 1-3 are boiling water reactors (BWR) designed by General Electric. The Unit 1, a BWR-3, had an electric power of 460 MWe, while units 2 and 3, of type BWR-4, both reached a power of 784 MWe. All of them are housed in Mark-I containments.

Figure 4 shows the arrangement of the main elements of this type of reactors. It is interesting to note some of the features of Mark-I containments that influenced the Fukushima accident. First of all, the containment comprises two major volumes: the drywell and the wetwell. The former, made of steel and reinforced on most of its surface with reinforced concrete, is light bulb-shaped and surrounds the reactor vessel and the recirculation loops. The latter, connected to the former via a system of large pipes (vents), has a torus shape and approximately 50% of its volume is occupied by water. This volume forms what is normally called the suppression pool, whose primary purpose is to condense the water vapor entering through the vents to reduce the pressure. No less important is the filtering effect of the water when gas contaminated with aerosols and fission products bubbles through it.

The drywell and wetwell form the primary containment (PC), that has been designed to withstand pressures and temperatures resulting from the reference accident (design basis accident). It should also protect the reactor from any external event

Explosiones de H₂

Los datos disponibles parecen indicar que el condensador de aislamiento de la Unidad 1 se detuvo tras un breve período de operación (11 minutos). Desde ese instante hasta la inyección de agua externa, pasaron alrededor de 14 h. Durante ese período el único mecanismo de refrigeración del combustible fue el suministrado por la propia evaporación del agua. Dos eran las fuentes principales de calor: el decaimiento de los productos de fisión (calor residual) y la oxidación de las vainas del combustible. Este último proceso se acelera a partir de 1300 °C, resultando en la producción masiva de H₂ ($Zr + 2 \cdot H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2 \cdot H_2 \quad \Delta h \cong 6 \cdot 10^6 \text{ J/kg}_{Zr}$). Se estima que la exposición del combustible a vapor de agua se produjo, aproximadamente, tres horas después del terremoto.

Como consecuencia, se produjo la degradación y fusión del combustible. Los análisis provisionales indican una fusión masiva del núcleo y una reubicación de una fracción considerable del fundido en el fondo de la vasija (parte de este material habría alcanzado la parte inferior del pozo seco de la contención).

El H₂ producido llegó al edificio del reactor (contención secundaria) a través de una (o varias) vía(s), aún no identificada(s) con certeza. Inicialmente, se relacionó la presencia de H₂ en el edificio con las liberaciones controladas realizadas desde la CP. Con los datos disponibles, una de las hipótesis más acreditadas es la pérdida de hermeticidad de la tapa superior que, en condiciones de alta presión y temperatura, podría perder su estanqueidad y permitir el escape de gases desde el interior. Con independencia de la fuente, la concurrencia del O₂ del aire y cantidades sustanciales de H₂, así como las condiciones termo-hidráulicas adecuadas, propiciaron la liberación de modo explosivo de la energía de oxidación del hidrógeno ($H_2 + 0,5 \cdot O_2 \rightarrow H_2O \quad \Delta h \cong 1,2 \cdot 10^8 \text{ J/kg}$). El resultado fue la destrucción de estructuras y paredes del edificio por encima de la cubierta de operaciones, dejando la piscina de almacén de combustible en contacto con el medioambiente.

La actual inyección de N₂ en contención tiene como objetivo mantener la contención primaria en sobrepresión. De este modo se consigue mantener una atmósfera inerte en su interior, evitando posibles entradas de aire desde el exterior.

Degradación de combustible en piscinas

La preocupación por la pérdida del inventario de agua de las piscinas debido a su progresivo calentamiento y final evaporación (indisponibilidad de los sistemas de refrigeración existentes) o, incluso, debido a pérdidas por fugas de diversa índole, condujo a la inyección de agua en las piscinas. Al igual que en el interior del reactor, el calor generado en el interior de las barras (estimado en alrededor de 2 MW para la piscina de la Unidad 4 de Fukushima) y el contacto de éstas con vapor de agua y aire, podrían propiciar su rápida oxidación, su consecuente deterioro y la final liberación de material radiactivo. Para impedir este escenario, se realizaron todo tipo de esfuerzos por refrigerar las piscinas. En las unidades

evaluated in the project (e.g., earthquakes, tsunamis, terrorist attacks, etc.). The PC is surrounded by a building, the reactor building, that also houses the emergency cooling systems and the spent fuel pool. Unlike the containment, the configuration of this building, also called secondary containment, is specific to each plant.

The ratio between primary containment volume and reactor thermal power is small (compared to other nuclear reactor designs). This fact means that the PC is, in principle, more vulnerable to possible H₂ explosions. To minimize this risk, the containment interior is filled with nitrogen (N₂), as a prophylaxis against potential reactions of H₂ with oxygen (O₂) from the air; so it is said that the containment is inert.

Back in the 1980s, it was proposed in the U.S. that Mark-I containments be retrofitted with venting systems to prevent overpressure inside the PC in some accident scenarios. In the 1990s, these systems were also installed in the Fukushima Daiichi plant.

The pools house the fuel after it has been irradiated in the reactor. In the case of Fukushima Daiichi, the pool volume depends on the unit: 1000 m³ in Unit 1, 1400 m³ in units 2-5 and 1500 m³ in unit 6, approximately. There was a variable number of assemblies stored in them on March 11, from barely 300 assemblies (at Unit 1) to more than 1300 (at Unit 4). The most specific fact for Unit 4 pool is not only the huge number of assemblies, but also that 548 of them were recently irradiated assemblies that were removed from the reactor, to perform maintenance tasks, only 3 months before.

The fuel assemblies, which are some 4 m high, are located on racks at the bottom of the pool. Under normal conditions, they are covered by 7-8 m of water from their upper end (a total depth of 12 m of water). This water inventory is responsible for removing, from the pools, the residual heat, produced by the decay of the radioactive products contained in the fuel, through a dedicated cooling circuit.

H₂ Explosions

The available data seem to indicate that the Unit 1 isolation condenser stopped working after a brief period of operation (11 min.). Around 14 h elapsed between that moment and external water injection. During that period of time, the only fuel cooling mechanism was the evaporation of the water surrounding the reactor fuel. There were two main sources of heat at the Unit 1 core: the fission product decay (residual heat) and the fuel cladding oxidation. After some time the fuel reached 1300 C, temperature at which the oxidation rate of metallic Zr escalates and resulted in the massive production of H₂ ($Zr + 2 \cdot H_2O \rightarrow ZrO_2 + 2 \cdot H_2 \quad \Delta h \cong 6 \cdot 10^6 \text{ J/kg}_{Zr}$). It is estimated that the exposure of the fuel to water vapor started approximately 3 h after the earthquake.

Consequently, the fuel degraded and melted. The provisional analyses indicate massive core meltdown and a relocation of a considerable fraction of the corium to the bottom of the vessel (part of this material would have reached the bottom of the containment drywell).

The H₂ that was produced reached the reactor building (secondary containment) via one or more, still not clearly identified,

Hasta el momento, no hay ni una sola víctima como consecuencia de la exposición a la radiación a las más de 25 000 ocasionadas por la catástrofe natural ”

1-4 se ha conseguido aportar agua externa a las piscinas, mientras que las 5 y 6 lograron recobrar su propio sistema de refrigeración antes de sufrir el combustible almacenado daño alguno. Particular importancia ha tenido esta medida en las unidades 1, 3 y 4, cuyos edificios secundarios de contención habían sufrido tal deterioro que sus piscinas quedaron expuestas a la atmósfera.

Los datos existentes parecen indicar que el daño, si acaso se hubiere producido alguno, en las piscinas de los reactores 1, 2 y 3 ha sido limitado. La composición isotópica de las muestras analizadas, en particular la presencia de ^{131}I (ocho días de periodo de semi-desintegración), parece indicar que su origen no es atribuible al combustible de las piscinas, sino a la emisión desde los propios reactores.

Mayor controversia existe en la piscina de la Unidad 4. El edificio de la contención secundaria quedó destruido el día 15 de marzo, supuestamente por una explosión de H_2 . La isotopía de las muestras tomadas señalan una concentración de ^{131}I superior a dos veces la del ^{137}Cs , lo que parece indicar que, nuevamente, su origen habría de estar en las emisiones desde los reactores 1-3 y no en el deterioro del combustible en la piscina. Además, si el ^{137}Cs hubiera procedido del combustible de la piscina, incluso suponiendo la pérdida instantánea de los 7-8 m de agua por encima del combustible, el H_2 se habría comenzado a generar en la piscina de forma significativa sólo partir de 5,5 días desde el inicio del accidente. Es decir, la explosión de H_2 no puede aceptarse como una prueba indirecta del daño en el combustible de la piscina. La hipótesis que parece más afianzada en la actualidad es la transferencia de parte del inventario de H_2 de la Unidad 3 a la 4 a través de una línea compartida en el venteo de gases. La radiólisis del agua de la piscina no podría, en ningún caso, ser fuente mayoritaria de H_2 , aunque pudiera haber tenido una cierta contribución.

LECCIONES APRENDIDAS

A pesar de que el accidente se halla aún en evolución y aún existen lagunas de información que impiden una interpretación consistente de todo el escenario, ya se pueden extraer algunas enseñanzas. Lejos de tratar de hacer una relación exhaustiva, que a buen seguro variará a lo largo del tiempo, a continuación se presentan algunos de los aspectos asociados a la tecnología nuclear, desde el emplazamiento hasta la comunicación pasando por los planes de emergencia, que a buen seguro serán afectados directa o indirectamente por el accidente de Fukushima.

paths. Initially, the presence of H_2 in the building was related to the controlled vents made to limit the PC over-pressure. Another plausible hypothesis is the loss of airtightness of the upper head of the drywell which, according to studies performed in the 1990s, under high pressure and temperature conditions, could lose its hermeticity and allow gases to escape from the inside. Regardless of the source, the concurrence of O_2 from the air and substantial quantities of H_2 , as well as the required thermo-hydraulic conditions, caused the explosive release of energy from hydrogen oxidation ($\text{H}_2 + 0,5\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} \Delta h \cong 1,2 \cdot 10^8 \text{ J/kg}$). The result was the destruction of the building structures and walls above the upper service floor, leaving the fuel storage pool exposed to the environment.

The purpose of the present injection of N_2 into the containment is to keep the primary containment in an inert overpressure. This maintains an inert atmosphere in its interior that prevents the air from entering from the exterior.

Pool Fuel Degradation

The concern with the loss of pool water inventory due to its progressive warming and final evaporation (unavailability of the existing cooling systems), or even due to losses from various kinds of leaks, led to the injection of water into the pools. Just as inside the reactor, the heat generated inside the rods (estimated to be around 2 MW for the Fukushima Unit 4 pool) and the contact of these rods with water vapor and air could cause their rapid oxidation, subsequent degradation and final release of radioactive material. To prevent this scenario, all kinds of efforts were made to cool the pools. External water was successfully added to the pools in units 1-4, while units 5 and 6 managed to recover their own cooling systems before the stored fuel suffered any damage. This prevention was particularly important in units 1, 3 and 4, whose secondary containment buildings had degraded so much that their pools were left exposed to the atmosphere.

The existing data seem to indicate that the damage, if any has indeed occurred, in the pools of reactors 1, 2 and 3 has been very limited. The isotopic composition of the analyzed water samples, and in particular the presence of ^{131}I (8-day semi-decay period), seem to indicate that their origin is not attributable to the fuel in the pools, but rather to emissions from the reactors themselves.

There is greater controversy about the Unit 4 pool. The secondary containment building was destroyed on March 15, presumably by an H_2 explosion. The isotope content in the samples taken from this pool indicate an ^{131}I concentration more than 2 times larger than that of ^{137}Cs , which seems to indicate that, again, their source would have to be traced back to the emissions from reactors 1-3 and not to degradation of the fuel in the pool. Moreover, if the ^{137}Cs had come from the fuel in the pool, even assuming the instantaneous loss of the 7-8 m of water above the fuel, the generation of H_2 in the pool would only have begun to a significant extent 5.5 days after the beginning of the accident. Therefore, the Unit 4 H_2 explosion cannot be accepted as indirect proof of damage to the fuel in that pool. The hypothesis that currently seems to be the most convincing is the transfer of part of the H_2 inventory from Unit 3 to Unit 4 via

Combinación de desastre natural y accidente nuclear

La posible combinación de un desastre natural de gran escala y un accidente nuclear prolongado no había recibido la debida consideración. La tremenda dificultad que se ha experimentado en las comunicaciones, la movilización de recursos humanos, el abastecimiento de equipos y materiales en un entorno devastado, ha supuesto un factor de enorme influencia en Fukushima. Entornos y estructuras alrededor de las centrales nucleares han de prepararse de modo que en ningún momento puedan mediatizar actuación alguna en caso de emergencia nuclear.

Sucesos naturales externos

Las centrales nucleares se diseñan para resistir sin menoscabo de su integridad sucesos externos, tanto naturales como inducidos deliberadamente por el ser humano. Los hechos acontecidos en Fukushima han puesto de manifiesto que si bien el diseño sísmico estaba contemplado de forma adecuada, no era así en el caso de los tsunamis. Tanto su frecuencia como la altura de ola habrán de ser estimadas con mayor precisión y, como resultado, habrán de adoptarse diseños apropiados de estructuras, que impidan la inundación del emplazamiento. Ejemplos de estas medidas podrían ser: el emplazamiento de centrales en cotas suficientemente elevadas respecto al nivel del mar o la construcción de paredes de altura suficiente para evitar la penetración de la ola en el emplazamiento.

Emplazamiento con múltiples unidades

El desencadenamiento de un accidente grave supone siempre una situación extraordinaria cuya mitigación requiere enormes esfuerzos de todo tipo, material y humano. La existencia de varias unidades en el mismo emplazamiento y la posibilidad de desarrollarse accidentes por un fallo de causa común, ha demostrado ser una circunstancia no mensurada adecuadamente hasta Fukushima. La evaluación del efecto de esta circunstancia en la estimación del riesgo será probablemente considerada con detalle de ahora en adelante, en los análisis de seguridad de emplazamientos multi-central.

Pérdida total de energía y sumidero final de calor

El accidente de Fukushima ha subrayado la importancia de diversificar el suministro de energía a la central de acuerdo con posibles fallos de causa común provocados por sucesos externos. Posibles medidas serían la dotación in situ de equipos móviles de generación, la disposición de generadores especiales para actuación en situaciones de desastre natural y la localización de los equipos de potencia en ubicaciones de menor riesgo posible. Asimismo, los planes de emergencia podrían prever el desplazamiento a la zona siniestrada de equipos de emergencia en el plazo más corto posible.

En toda circunstancia debe asegurarse la imposibilidad de pérdida del sumidero final de calor.

a shared line in the gas vent. Pool water radiolysis could not, in any case, be the primary source of H₂, although it could have contributed to a certain extent.

LESSONS LEARNED

Even though the accident is still evolving and there are still gaps in the information that prevent reaching a consistent interpretation of the whole scenario, some lessons can be drawn. Far from trying to make an exhaustive list, which will surely vary over time, following are some of the issues associated with nuclear technology, from topics about the site to communication and including emergency plans, that without a doubt will be directly or indirectly affected by the Fukushima accident.

Combination of Natural Disaster and Nuclear Accident

The potential combination of a natural disaster on a large scale and a prolonged nuclear accident had not been given due consideration. The tremendous problems in communications, the mobilization of human resources and the supply of equipment and materials in a devastated environment have been enormously influential factors in Fukushima. The areas and infrastructures around nuclear power plants should be prepared so that at no time can they interfere with or delay any action in the event of a nuclear emergency.

External Natural Events

Nuclear power plants are designed to resist external events, including both natural ones and those deliberately induced by humans, without losing their integrity. The events in Fukushima have shown that while the seismic design seems to be properly addressed, that was not the case with tsunamis. Both their frequency and the wave height should have been estimated with greater accuracy and, consequently, appropriate structural designs should have been used to prevent flooding of the site. Examples of these measures could be: locating plant sites at sufficiently high elevations over sea level or the construction of sufficiently high walls to prevent the wave from penetrating the site.

Site with Multiple Units

A severe accident is always an extraordinary situation whose mitigation requires enormous material and human efforts of all kinds. The existence of several units on the same site and the possibility of an accident occurring due to a common cause failure have proven to be circumstance that, before Fukushima,

To date, there isn't one single victim, as a result of exposure to radiation, to the more than 25 000 deaths caused by the natural catastrophe ”

Fukushima ha demostrado que no es posible garantizar con absoluta certeza la inexistencia de accidentes en instalaciones nucleares ”

Explosiones de H₂

La inexistencia de medios adecuados para prevenir las explosiones de H₂ fue clave en el desarrollo del accidente. La instalación de recombinadores auto-catalíticos de H₂ (i.e., dispositivos pasivos que permiten la reacción entre H₂ y O₂ de modo no explosivo) ha sido una estrategia ya adoptada en otras centrales de segunda generación, como C.N. Trillo.

Piscinas de almacenamiento de combustible

Las piscinas de almacenamiento de combustible han sido uno de los puntos “calientes” en Fukushima. Los análisis probabilistas de seguridad de las centrales contemplan escenarios al respecto. Sin embargo, es altamente probable que de ahora en adelante se les otorgue mayor relevancia, particularmente en aquellos diseños en los que se encuentran fuera de la contención, como en el caso del diseño Mark-I.

Análisis de seguridad

Los análisis de seguridad han de utilizar datos completos y actualizados. La exclusión de combinaciones posibles de sucesos iniciadores habrá de ser cuidadosa y contundentemente argumentada. La aparición de datos relevantes para el análisis de seguridad, habría de suponer una reevaluación inmediata y la adopción de medidas pertinentes si así se derivara de los nuevos resultados.

Guías de gestión de accidente

Las guías de gestión de accidente severo son un instrumento elaborado para facilitar la adopción de medidas en tales circunstancias. Su efectividad podría reforzarse mediante instrumentación resistente a condiciones adversas que permita el seguimiento del estado de la central, y herramientas analíticas que la simulen. El entrenamiento y ejercicio de las mismas beneficiaría, sin duda, la efectividad de su aplicación en caso necesario.

Infraestructura y cultura de seguridad

La situación afrontada en Fukushima ha subrayado la importancia de identificar claramente las responsabilidades en caso de emergencia nuclear. Los papeles de operador y regulador han de estar definidos de forma tan nítida que no haya espacio alguno para la interpretación en

was not always adequately gauged. The effect of this circumstance on the risk assessment will surely play a major role in all the future safety assessments of multi-unit sites.

Total Loss of Power and Final Heat Sink

The Fukushima accident has underlined the importance of diversifying the power supply to the plant in accordance with potential common cause failures originated by external events. Possible preventive actions would be the on-site provision of mobile generating equipment, the availability of special generators for use in situations of natural disaster and the location of power equipment in places at the least possible risk. In addition, emergency plans could provide for emergency teams to reach the accident area in the shortest possible time.

In all cases, the impossibility of losing the final heat sink should be ensured.

H₂ Explosions

The lack of adequate means to prevent the H₂ explosions was key to the evolution of the accident. The installation of auto-catalytic H₂ recombiners (i.e., passive devices that facilitate a non-explosive reaction between H₂ and O₂) has been a strategy already adopted in other second-generation plants such as Trillo NPP.

Fuel Storage Pools

The fuel storage pools have been one of the “hot” points in Fukushima. The probabilistic safety assessments of nuclear power plants address scenarios of this kind. However, it is highly likely that, from now on, greater relevance will be given to the pools, particularly in those designs in which they are outside the containment, as in the BWR Mark-I design.

Safety Assessments

Safety assessments must use comprehensive and updated data. The exclusion of possible combinations of triggering events will have to be carefully considered and categorically justified. The emergence of relevant data for the safety assessment should result in an immediate safety reassessment and the adoption of pertinent measures if the new results so advise.

Accident Management Guidelines

Severe accident management guidelines are instruments prepared to help take actions under such circumstances. Their effectiveness could be strengthened by providing instrumentation, resistant to adverse conditions, that allow monitoring the plant status during the accident evolution and analytical tools capable to simulate it. Training and exercising following these guidelines would undoubtedly enhance the effectiveness of their use when needed.

Infrastructure and Safety Culture

The situation being confronted in Fukushima has underlined the importance of clearly identifying responsibilities in the case of a nuclear emergency. The roles of operator and regulator should be so clearly defined that there is no room for a conflict

las circunstancias más adversas y que, como resultado, la protección del ciudadano esté garantizada tanto como sea posible.

La seguridad nuclear ha de ser un propósito permanente en la operación de las centrales. Más allá del cumplimiento de estándares, la industria nuclear ha de perseverar en hacer sus instalaciones progresivamente más seguras a lo largo del tiempo, identificando posibles debilidades y proponiendo mejoras. El organismo regulador ha de preservar su independencia y mantener una actitud exigente a la vez que colaboradora con la industria. Industria y reguladores han de trabajar conjuntamente en la consecución de la máxima seguridad alcanzable en cada instalación. Sin duda, la orquestación de planes conjuntos de investigación sería un elemento valioso en este maridaje.

Comunicación

La comunicación ha sido durante la crisis de Fukushima un elemento controvertido. Las herramientas, los canales y los procedimientos han de establecerse claramente a priori y, posiblemente, han de distinguir entre diversos niveles de información: residentes, público general, comunidad internacional y organizaciones involucradas en la gestión de la emergencia.

ACTIVIDADES DE LA DIVISIÓN DE FISIÓN NUCLEAR

Desde el comienzo del accidente el 11 de marzo de 2011, la División de Fisión Nuclear del CIEMAT a través, fundamentalmente, de su Unidad de Investigación en Seguridad Nuclear, ha articulado una serie de actividades que se clasifican, a continuación, según su demarcación temporal.

Actividades inmediatas

Este primer grupo de actividades comprende aquéllas que se derivaron de modo instantáneo o cuasi-instantáneo. Su motivación fue de diversa naturaleza: la importancia incuestionable del suceso para la tecnología nuclear mundial, sus probables repercusiones en el panorama investigador de los próximos años en materias tales como los accidentes severos, y la demanda de información desde múltiples medios de comunicación.

• Seguimiento

La avalancha de información, aún si incompleta, emitida por diversas fuentes oficiales (i.e., TEPCO, NISA, JAIF, OIEA, etc.) absorbió la dedicación de numerosos miembros de la División de Fisión Nuclear. Su examen y análisis, junto con el estudio detallado de la información disponible sobre la tecnología nuclear protagonista en Fukushima Dai-ichi (BWR), permitió orquestar interpretaciones preliminares de los datos que iban apareciendo.

Esta labor de aproximación y comprensión resultó de extraordinaria utilidad en una de las actividades más extenuantes llevadas a cabo: la comunicación en los medios. Es importante subrayar dos circunstancias que convertían al CIEMAT en una institución adecuada para la canalización

of interpretation in the most adverse circumstances, in order to guarantee protection of the public at the highest possible standards.

Nuclear safety must be a continuous goal in power plant operation. Above and beyond compliance with standards, the nuclear industry must keep on making their installations progressively safer over time, identifying potential weaknesses and proposing improvements. The regulatory body must keep its independence and maintain a demanding attitude, while collaborating with the industry. Industry and regulators should work together to achieve the highest standard of safety attainable in each installation. The orchestration of joint research programs would undoubtedly be a valuable element in this venture.

Communication

During the Fukushima crisis, communication has been a controversial issue. The tools, channels and procedures of communication should be clearly defined beforehand. Moreover, whenever possible, different specific tools, channels and levels of information should be used for different interlocutors: residents, general public, research international community and organizations involved in emergency management.

ACTIVITIES OF THE NUCLEAR FISSION DIVISION

Since the beginning of the accident on March 11, 2011, the CIEMAT Nuclear Fission Division has launched a series of activities, primarily through its Nuclear Safety Research Unit, that are briefly described below, following their timeframe.

Immediate Activities

This first group of activities includes those that were required instantaneously or quasi-instantaneously. Several types of reasons motivated the immediate response: the unquestionable relevance of the event for world nuclear technology, its likely impact on the research landscape in the years to come in areas such as severe accidents, and the demand for information by many communication media.

• Follow-up

The avalanche of information issued by various official sources (e.g., TEPCO, NISA, JAIF, IAEA, etc.) required the attention of numerous members of the Nuclear Fission Division, particularly because it was incomplete and not always fully coherent. Its analysis and evaluation, together with the detailed study of the available information on the Fukushima Daiichi nuclear technology (BWR), provided preliminary interpretations of the data that were emerging.

Fukushima has demonstrated that the inexistence of accidents in nuclear installations cannot be guaranteed with absolute certainty ”

El CIEMAT ha reaccionado con flexibilidad ante los acontecimientos y determinadas unidades han reorientado sus actividades para responder a la demanda, tanto inmediata como diferida ”

de información hasta los medios: su carácter neutral como organismo independiente de la propia industria nuclear y su currículo investigador con personal experimentado en la física e ingeniería de los reactores nucleares, y con un equipo especializado en el estudio de los accidentes severos.

• Primeras estimaciones

A pesar de la escasez de información fiable que impedía la simulación detallada de cualquiera de los escenarios que Fukushima planteaba, era importante derivar cifras que permitieran ponderar, al menos, el posible alcance de los sucesos que se iban sucediendo en las primeras fechas tras el comienzo del accidente. La Unidad de Seguridad Nuclear estimó diversas magnitudes de interés tales como: el tiempo mínimo necesario para el descubrimiento de la piscina de la Unidad 4, la cantidad de H₂ que la radiólisis del agua de la piscina podría generar o la cantidad de distintos radionucleidos que podría escapar de cada reactor en caso de fusión de núcleo.

Todas estas cifras fueron reservadas para uso interno por la gran incertidumbre a ellas asociada. Sin embargo, dieron apoyo a la participación en foros internacionales específicos creados para la interpretación del accidente y a la anticipación de la posible evolución del accidente durante sus primeras semanas.

• Grupos de expertos en accidente severo

La red de investigación europea en accidente severo, SARNET2, puso en marcha varias iniciativas. Entre ellas, promovida y coordinada desde CIEMAT, estableció un grupo, FASTG (*Fukushima Accident Source Term Group*), dedicado al análisis de todos los aspectos relativos al término fuente en Fukushima. La actividad del grupo fue intensa durante las primeras semanas y ha ido declinando según se ha ido estabilizando la situación. JRC-Petten era la organización encargada de examinar y discriminar la información relevante para el grupo y emitía comunicados en formatos sencillos de manejar definidos de antemano, ante los que el resto de participantes reaccionaba aportando análisis basados en experiencia previa, cálculos, revisiones de bases de datos, etc. CIEMAT, además de participar con sus propios estudios, era el responsable de recopilar todos los intercambios habidos y producir semanalmente una nota que sintetizaba las discusiones mantenidas y las conclusiones de ellas derivadas.

Actividades diferidas

Este segundo grupo incluye actividades derivadas del accidente, pero que, por diversos motivos, tuvieron un tiempo de incubación. Su carácter fue variopinto y no suponían relación alguna entre ellas distinta que su propio

This work of approximation and interpretation was extraordinarily useful in one of the hardest activities: the communication with the media. It is important to note two circumstances that made the CIEMAT one of the right information channels to the media: its neutrality as a body independent from the nuclear industry and the regulatory authorities, and its research record with personnel with experience in nuclear reactor physics and engineering and a staff specialized in the study of severe accidents.

• Early Estimates

In spite of the shortage of reliable information that prevented a detailed simulation of any of the scenarios posed by the Fukushima events, it was important to obtain figures that would at least enable an estimate of the possible scope of the events that were occurring in the early days of the accident. The Nuclear Safety Unit estimated several magnitudes of interest, e.g.: the minimum time required for exposure to vapor of the fuel in the Unit 4 pool, the amount of H₂ that could be generated by the radiolysis of the pool water or the amount of different radionuclides that would be released from each reactor in the event of core meltdown.

All these figures were reserved for internal use because they were largely uncertain. However, they provided support for participation in specific international forums created to interpret the accident, and to anticipate the potential evolution of the accident during its first few weeks.

• Severe Accident Expert Groups

The European severe accident research network, SARNET2, implemented several initiatives. One of these, promoted and coordinated by CIEMAT, was the establishment of a group called FASTG (*Fukushima Accident Source Term Group*) to analyze all the aspects related to the Fukushima source term. The group's activity during the early weeks was intense, and since then it has been tapering off as the situation stabilizes. JRC-Petten was the organization in charge of examining and identifying the relevant information for the group, which was released in previously defined, easy-to-use formats and to which the rest of the participants responded with analyses, calculations, database reviews, etc. based on previous experience. In addition to providing its own studies, CIEMAT was responsible for compiling all the exchanges of information and issuing a notice on a weekly basis that summarized the discussions and the conclusions drawn from them.

Deferred Activities

This second group includes activities stemming from the accident but that, for various reasons, had to be deferred to a certain time. They were of a mixed nature and there was no general relation between them other than their origin. Of course the follow-up work has continued over time, but with significantly less intensity in both the areas of information assimilation and communication.

origen. Por supuesto, la tarea de seguimiento ha continuado presente a lo largo del tiempo, pero con notable menor intensidad tanto de digestión de la información como de comunicación.

• **Grupos internacionales de discusión**

El suceso de Fukushima ha dado lugar a grupos de discusión en la arena internacional. Así, existen círculos de reflexión en diversos entornos: el grupo de “riesgos” del Foro Europeo para la Energía Nuclear (ENEF); el grupo técnico de las generaciones II y III enmarcado en la SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform); la propia red SARNET2, donde existe un grupo *ad hoc* para identificar las prioridades de investigación en accidente severo; el grupo de usuarios europeo del código Melcor, que organizó una sesión específica de discusión de los análisis de algunos de sus miembros. CIEMAT ha participado o participa en ellos de modo intenso. A través de estos círculos CIEMAT tiene acceso a información valiosa, confidencial en ocasiones, que permite desarrollar tareas internas de interpretación.

• **Simulaciones**

CIEMAT dispone de herramientas capaces de simular secuencias completas de accidente severo (i.e., Melcor y Astec), que consideran todos los sistemas, fases y aspectos involucrados en un accidente de este tipo, desde la transferencia de calor en el reactor hasta la química del yodo en la contención. La información disponible, incluso en estos momentos, no permite hacer un modelo preciso de la situación planteada en Fukushima. Sin embargo, de modo indirecto, el CIEMAT está elaborando análisis de secuencias con sucesos iniciadores similares en centrales de tecnología BWR del mismo tipo que la unidad 1 de Fukushima. Estos cálculos son confidenciales y se encuentran enmarcados en el acuerdo de colaboración para investigación de accidentes severos con el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN). Además, se ha desarrollado un modelo del código Astec capaz de analizar la evolución de una piscina de almacenamiento del combustible gastado.

En otras palabras, el CIEMAT ha conjugado experiencia y potencia de cálculo para articular rápidamente capacidades analíticas de las que hace 3 meses no disponía. En estos momentos el CIEMAT está preparado para embarcarse en cualquier iniciativa de análisis sobre Fukushima que pudiera orquestarse en el plano nacional y/o internacional.

• **OECD-SFP**

Desde hace dos años el CIEMAT viene participando activamente en el proyecto internacional SFP (*Sandia Fuel Project*), a través del acuerdo sobre accidente severo con el CSN. El proyecto, liderado por los laboratorios americanos de Sandia, se enmarca en las actividades de investigación de la NEA (*Nuclear Energy Agency* de la OECD). Su objetivo fundamental es analizar el deterioro del combustible almacenado en las piscinas cuando se produce una pérdida prácticamente instantánea del agua y queda expuesto a aire. La relación potencial de este proyecto con el suceso acaecido en Fukushima es evidente. En el seno del proyecto se ha tenido acceso a abundantes datos experimentales y versiones de herramientas analíticas adaptadas para modelar los escenarios ensayados.

• **International Discussion Groups**

The Fukushima event has given rise to discussion groups in the international arena. There are think tanks in different areas: the “risks” group of the European Nuclear Energy Forum (ENEF); the SNETP (Sustainable Nuclear Energy Technology Platform) technical working group for generations II and III; the SARNET2 network, which has an ad-hoc group to identify severe accident research priorities; the European MELCOR code users’ group, which organized a specific session to discuss the analyses of some of its members. CIEMAT has been or is actively taking part in these groups. Through these circles, CIEMAT has access to valuable, and at times confidential, information which helps in the internal work of interpretation.

• **Simulations**

CIEMAT has tools that are able to simulate complete severe accident scenarios (e.g., MELCOR and ASTEC) and consider all the systems, phases and aspects involved in an accident of this sort, from the transfer of heat in the reactor to the iodine chemistry in the containment. With the available information, even at this time, it is not possible to build an accurate model of the Fukushima accident. However, CIEMAT is conducting sequence analyses with similar triggering events in power plants with BWR technology of the same type as Fukushima Daiichi Unit 1. The results of these calculations are confidential and are being performed within the framework of the severe accident research collaboration agreement with the Spanish Nuclear Safety Council (CSN). In addition, CIEMAT has developed a model with the ASTEC code capable of analyzing the evolution of a spent fuel storage pool.

In other words, CIEMAT has combined experience and computing power to quickly implement analytical capabilities that were not available 3 months ago. CIEMAT is now in conditions to embark on any analysis initiative of the Fukushima accident that may be convened on a national and/or international scale.

• **OECD-SFP**

Since 2 years ago, CIEMAT has been actively participating in the international project SFP (*Sandia Fuel Project*), through a severe accident agreement with the CSN. The project, headed by the U.S. Sandia National Laboratories, is part of the research activities of the OECD NEA (*Nuclear Energy Agency*). Its main objective is to analyze the degradation of the fuel stored in pools following a practically instantaneous loss of water that leaves the fuel exposed to the air. The potential relationship of this project to the events in Fukushima

The CIEMAT has reacted quickly to the events, and certain units have retargeted their activities to respond to both the immediate and deferred demand ”



Protección Radiológica • Radiological Protection

CIEMAT ha efectuado análisis específicos de ignición de combustible del tipo BWR. De nuevo, esta información tiene carácter confidencial.

CONSIDERACIONES FINALES

Fukushima ha demostrado que no es posible garantizar con absoluta certeza la inexistencia de accidentes en instalaciones nucleares. Sin embargo, y sin ánimo de aminorar ni de engrandecer su gravedad, cabe realizar algunas observaciones veraces. Un escenario catastrófico, como Fukushima, es muy improbable, pero además sus consecuencias son mucho menores que la percepción del público en general. Un ejemplo de ello es que frente a las 25 000 pérdidas de vidas humanas provocadas por el suceso natural, no ha ocurrido aún una sola víctima mortal por la radiación.

Fukushima ha desencadenado una frenética actividad en dos direcciones principales. Por un lado, examinar, a través de las denominadas pruebas de resistencia, que las plantas europeas (y prácticamente todas las del mundo, porque muchos países han realizado o están realizando pruebas semejantes), tienen el margen de seguridad adecuado frente a amenazas como las sufridas en Fukushima. Por otro lado, la propia industria, los reguladores y los investigadores han iniciado ya el análisis detallado de la situación en múltiples aspectos que, al día de hoy, ya permiten enunciar una serie de lecciones aprendidas que habrán de concretarse posteriormente en mejoras adicionales de la seguridad de las instalaciones.

El suceso de Fukushima y la actividad investigadora de el CIEMAT en materia de accidentes severos, permiten realizar algunas consideraciones finales:

- La investigación llevada a cabo durante décadas ha permitido al CIEMAT erigirse en una institución de referencia y competente en aspectos de información y comunicación al público. Esta actuación se halla en el espíritu de la misión y objetivos del organismo.
- El CIEMAT ha reaccionado con flexibilidad ante los acontecimientos y determinadas unidades han reorientado sus actividades para responder a la demanda, tanto inmediata como diferida. Asimismo, el CIEMAT ha estado presente en los foros convocados por las agencias internacionales más destacadas, como el OIEA o la NEA. Además, ha intervenido en un buen número de grupos de trabajo que han permitido un fructífero intercambio y discusión con investigadores de otras nacionalidades.
- Es previsible que durante los próximos años se articulen proyectos internacionales de investigación que traten de arrojar luz sobre todos y cada uno de los elementos que han jugado un papel determinante en Fukushima. La División de Fisión Nuclear y, en particular, la Unidad de Investigación en Seguridad Nuclear, han puesto en marcha actividades dirigidas directamente a su capacitación. En la actualidad se halla en condiciones óptimas de abordar los retos que tales iniciativas planteen.

is obvious. Within this project, CIEMAT has had access to an abundance of experimental data and versions of analytical tools suitable to model the scenarios under consideration. CIEMAT has performed specific BWR fuel ignition analyses. Again, the results from these studies are confidential.

FINAL CONSIDERATIONS

Fukushima has demonstrated that the inexistence of accidents in nuclear installations cannot be guaranteed with absolute certainty. However, and without any intention of diminishing or amplifying its severity, some facts can be acknowledged. A catastrophic scenario such as the one happening at Fukushima is highly unlikely, and furthermore, its consequences are much less serious than what is perceived by the general public. One example is that, compared to the 25 000 human lives lost because of the natural disaster at Japan, there has not been one single death from radiation.

Fukushima has triggered a series of frenetic activities in two main directions. On one hand are the so-called stress tests, to check whether the European plants (and practically all the plants in the world, because many countries have performed or are performing similar tests) have a suitable safety margin against risks such as those experienced in Fukushima. On the other hand, the industry, regulators and researchers have started the detailed analysis of many aspects of the situation, which has already revealed a series of lessons learned. These lessons will allow to develop, in a later stage, additional improvements to the safety of nuclear installations.

In relation to the Fukushima event and the CIEMAT research activity in nuclear fission, some final considerations can be formulated:

- The research carried out over decades has enabled CIEMAT to become a qualified reference institution in areas of public communication and information dissemination. This activity is included in the spirit of the mission and goals of the organization.
- CIEMAT has reacted quickly to the Fukushima events, and certain units have retargeted their activities to respond to both the immediate and deferred demands. Moreover, CIEMAT has been present in the forums convened by the leading international agencies, e.g. the IAEA and NEA. In addition, it has taken part in a good number of working groups, allowing a fruitful exchange and discussion with researchers of other nationalities.
- It is quite likely that, in the years to come, international research projects will be launched to clarify each and every one of the elements that have played a decisive role in the Fukushima accident. The Nuclear Fission Division, and in particular the Nuclear Safety Research Unit, have already initiated activities directly intended to improve their qualification in these research lines. At present they are already in a good position to face the challenges to come from those initiatives.

María Luisa ESPAÑA

SEPR, 30 años de protección radiológica SEPR, 30 years of radiological protection

María Luisa España es especialista en Radiofísica Hospitalaria, jefe de Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica del Hospital Universitario de La Princesa. Su actividad profesional se ha desarrollado principalmente en el área del diagnóstico por imagen, en radiodiagnóstico y medicina nuclear, y en protección radiológica en instalaciones médicas. Miembro de diversos comités y grupos de expertos en la actualidad participa en el Comité asesor para la información y participación pública del Consejo de Seguridad Nuclear. Actualmente es presidenta de la Sociedad Española de Protección Radiológica.

Durante el siglo pasado se establecieron las aplicaciones de las radiaciones ionizantes y no ionizantes en los ámbitos de la medicina, la investigación, la industria y la energía, y en paralelo comenzó el desarrollo de la protección radiológica asociada a las diferentes prácticas, con el objetivo de proteger a los seres vivos y al medioambiente de los posibles efectos que el uso de las radiaciones pudiesen producir.

La Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP), comisión científica reconocida por todos los agentes implicados, ha jugado un papel fundamental en la aplicación y desarrollo del sistema de protección radiológica. A partir de los riesgos para la salud atribuibles a las radiaciones ionizantes, sus recomendaciones marcan la evolución de la protección radiológica en las diferentes prácticas, las modificaciones de los límites de dosis para trabajadores expuestos y miembros del público, los requisitos para la exposición de pacientes o de personas que participan en programas de cribado para la salud, etc.

Mientras que en los sectores industrial y energético sólo se presentan exposiciones ocupacionales y del público, en el sector de la medicina también hay que incluir las exposiciones médicas. A todas ellas son aplicables los principios de protección radiológica de justificación y optimización de la dosis, pero el principio de limitación sólo es aplicable a las exposiciones ocupacionales y del público. En el caso de las exposiciones médicas no hay límites de dosis, pero se debe garantizar que la dosis debe ser la mínima compatible con una imagen apta para el diagnóstico o con el objetivo del tratamiento.

De acuerdo con el último informe del Consejo de Seguridad Nuclear, en nuestro país la dosis individual media de los trabajadores expuestos en los diferentes sectores no supera los 3 mSv, siendo en algunos de ellos inferior al límite anual de dosis para el público, como en el caso de las instalaciones médicas, del ciclo de combustible o de centros de investigación como el CIEMAT. Ésto indica el alto nivel de protección radiológica en las prácticas



María Luisa España
María Luisa España

con radiaciones ionizantes en nuestro país, y sin embargo se deben seguir estableciendo criterios de optimización, ya que, en algunos casos, los límites establecidos pueden sufrir variaciones como en el límite de dosis equivalente en cristalino. La ICRP ha recomendado recientemente disminuir el límite de dosis equivalente en cristalino de 150 mSv/año a 100 mSv en cinco años, que promediando supone un valor de 20 mSv/año, y este nuevo valor puede ser ya incluido en la revisión de la Directiva Europea que actualmente está en fase de elaboración.

Un tema importante en protección radiológica es la dosis colectiva por las diferentes prácticas, y hay que subrayar que en las dos últimas décadas la dosis colectiva por exposiciones médicas se ha incrementado

de forma significativa, habiendo superado en algunos países la dosis debida al fondo radiactivo natural. Este incremento, injustificado desde el punto de vista clínico, ha hecho saltar algunas alarmas, por lo que se están dedicando recursos para mejorar la protección radiológica en estas exposiciones, tanto en la justificación como en la optimización de la exposición. La formación y el entrenamiento de los médicos prescriptores y médicos especialistas tiene un gran potencial para mejorar los criterios de justificación de la exposición médica, y en nuestro país los médicos residentes durante su periodo formativo tienen carga docente en materia de protección radiológica, que será completada, ya como formación continuada, durante su ejercicio profesional como médicos especialistas.

Los riesgos por exposición a radiaciones son percibidos por la población como riesgos incontrolables, cuando existe un sistema regulador de control y seguimiento de altísimo nivel. Bien es cierto que siempre hay lecciones que aprender, como en el accidente producido por el terremoto y posterior tsunami en la central nuclear de Fukushima, que probablemente ocasionará cambios en la manera de dar respuesta a potenciales accidentes severos en las centrales nucleares.

Los aspectos de protección radiológica ambiental son de especial importancia para reducir el riesgo y controlar la presencia de radiactividad en el medioambiente. Hasta hace unos años la protección radiológica se basaba sólo en consideraciones para la salud humana, sin embargo en los últimos años se está revisando de forma crítica este alcance para abordar también el impacto radiológico sobre otras especies. En nuestro país se dispone de laboratorios acreditados para el control de la radiactividad ambiental, integrados en la Red de Vigilancia Radiológica Ambiental (REVIRA) del Consejo de Seguridad Nuclear, que contribuyen de forma decisiva a la protección radiológica ambiental.

También estamos viviendo una cada vez mayor preocupación por la exposición a radiaciones no ionizantes tanto ocupacional como de la población. En este sentido, es necesario establecer un marco de protección radiológica para estas prácticas, ya que el gran desarrollo tecnológico que se está produciendo, ha hecho que formen parte de nuestra vida diaria. La Comisión Internacional de protección frente a radiaciones no ionizantes (ICNIRP) aporta la información sobre todos los aspectos de estas radiaciones incluyendo las radiofrecuencias, láseres, etc.

Desde la Sociedad Española de Protección Radiológica (SEPR), asociación de carácter científico y técnico se están dedicando esfuerzos a la promoción científica y la divulgación de la protección radiológica en todos los ámbitos. La SEPR fundada en 1980, agrupa, desde sus

María Luis España, a specialist in Hospital Radiophysics, is head of the Radiophysics and Radiological Protection Department of La Princesa University Hospital. She has spent most of her professional career in the field of image-based diagnosis in radio-diagnosis and nuclear medicine and in radiological protection in medical facilities. She is a member of several committees and groups of experts, and at present serves on the advisory committee for public information and participation of the Nuclear Safety Council. She is also currently president of the Spanish Radiological Protection Society.

During the last century, the applications of ionizing and non-ionizing radiation have become established in the fields of medicine, research, industry and energy. At the same time, radiological protection associated with the different practices began to be developed for the purpose of protecting human beings and the environment from the potential effects that the use of radiation could cause.

The International Commission on Radiological Protection (ICRP), a scientific commission recognized by all the stakeholders involved, has played a fundamental role in the application and development of the radiological protection system. Based on the health risks attributable to ionizing radiation, its recommendations guide the evolution of radiological protection in the different practices, the modifications of the dose limits for exposed workers and members of the public, the requirements for the exposure of patients or people who take part in health screening programs, etc.

Whereas only occupational and public exposures are considered in the industrial and energy sectors, the field of medicine must also include medical exposures. The radiological protection principles of dose justification and optimization are applicable to all these fields, but the principle of limitation is only applicable to occupational and public exposures. In the case of medical exposures, there are no dose limits, but it should be guaranteed that the dose is the minimum dose compatible with a suitable image for diagnosis or with the treatment objective.

In accordance with the latest report of the Nuclear Safety Council, the mean individual dose of exposed workers in the different sectors in our country does not exceed 3 mSv, and in some sectors it is lower than the annual dose limit for the public, as is the case of some medical facilities, fuel cycle installations and research centers like the CIEMAT. This indicates how high the level of radiological protection is in the practices that use ionizing radiation in our country; however, there is a need to continue establishing optimization criteria because, in some cases, the established limits may vary, e.g. the dose equivalent limit for crystalline material. THE ICRP has recently recommended that the dose equivalent limit for crystalline material be lowered from 150 mSv/year to 100 mSv in five years, which on average is 20 mSv/year, and this new value can now be included in the revision of the European Directives that are currently being drawn up.

An important issue in radiological protection is the collective dose due to the different practices, and it should be noted that, in the last two decades, the collective dose due to medical exposures has increased significantly; in some countries it has exceeded the dose due to natural background radiation. This increase, unjustified from the clinical point of view, has set off some alarms, and as a result resources are being allocated to improve the radiological protection in these exposures, in terms of both justification and optimization of the exposure. The training and instruction of prescribing doctors and specialist doctors has a great potential to improve the justification criteria of medical exposures. In our country resident doctors have courses on radiological protection during their training period, and this learning will be completed as lifelong training during their professional careers as specialists.

The risks due to exposure to radiation are perceived by the public as uncontrollable risks, when in fact there is a very high-level regulatory system of control and monitoring. It is true that there are always lessons to be learned, such as in

Desde la SEPR se dedican esfuerzos a la promoción científica y la divulgación de la protección radiológica en todos los ámbitos”

comienzos, a los profesionales que en los diferentes sectores trabajan por el cumplimiento de los principios de protección radiológica en las prácticas con radiaciones, integrando también las no ionizantes.

La SEPR está organizada con diferentes comisiones y grupos de trabajo en los que participan profesionales de diferentes sectores, y éste es el gran activo de esta sociedad, que aborda, fuera de corporativismos totalmente obsoletos, la interdisciplinariedad en los avances de la protección radiológica. Estos avances deben planificarse con objetivos de cultura de protección radiológica, ya que, sólo trabajando en esa dirección, se podrá lograr que no sólo se perciba su carácter normativo, sino también los beneficios reales que van a proporcionar para la protección de las personas y el medioambiente. La SEPR trabaja para instaurar esta cultura en nuestro país, colaborando con organismos nacionales, como el Consejo de Seguridad Nuclear donde participa en los foros de discusión sectoriales con otras sociedades científicas, también con carácter asesor en comités del Ministerio de Sanidad, Política Social e Igualdad, y consejerías de las diferentes comunidades autónomas, etc. Además muchos de sus socios son miembros destacados de comités de organismos internacionales, como ICRP, Euratom, Unscear, ISO, etc., en los que participan para mejorar los estándares internacionales de protección radiológica, y a la vez facilitan en actividades de la SEPR la transmisión de la información sobre los temas más actuales en materia de protección radiológica.

La colaboración con otras sociedades es cada vez mayor, teniendo firmados acuerdos entre otras con la Sociedad de Sanidad Ambiental, la Sociedad Española de Radiología Médica, etc., que han dado lugar a actividades de interés común para mejorar la protección radiológica en los diferentes sectores. Además la SEPR está asociada a la *Alliance for Radiation Safety in Pediatric Image*, que a nivel internacional está promoviendo la mejora de la protección radiológica en la radiología pediátrica.

Las nuevas tecnologías y los nuevos procedimientos con radiaciones implican grandes retos para la protección radiológica, y la SEPR está ya estableciendo estrategias para facilitar a los profesionales que agrupa la mejor posición, tanto a nivel de información como de formación, para participar en el futuro de la protección radiológica en las diferentes prácticas.

the accident caused by the earthquake and tsunami in the Fukushima nuclear power plant, which will likely lead to changes in the way we respond to potential severe accidents in nuclear power plants.

Environmental radiation protection is particularly important to reduce the risk and control the presence of radioactivity in the environment. Radiological protection used to be based solely on considerations of human health; however, in recent years this scope is being critically revised to also cover the radiological impact on other species. In our country, there are accredited laboratories for the control of environmental radioactivity which are integrated into the Environmental Radiation Monitoring Network (REVIRA) of the Nuclear Safety Council, and they make a decisive contribution to environmental radiation protection.

There is also a growing concern about both occupational and public exposure to non-ionizing radiation. In this respect, a framework of radiological protection must be established for these practices, since rapid technological development has made them part of our everyday lives. The International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP) provides information on all the aspects of this kind of radiation, including radio-frequencies, laser devices, etc.

The Spanish Society for Radiological Protection (SEPR), a scientific and technical association, is making efforts to promote and disseminate scientific information on radiological protection in all fields. From the time it was founded in 1980, the membership of SEPR includes professionals who work in the different sectors to implement the principles of radiological protection in practices that use radiation, including non-ionizing radiation.

The SEPR is organized into different committees and work groups in which professionals from different sectors participate, and this is the Society's best asset – the way it embraces interdisciplinarity, removed from a totally obsolete corporatism, for the advancement of radiological protection. This advancement should be planned with an eye on a radiological protection culture, since only by working in that direction will it be possible to make not only its regulatory nature understood, but also the actual benefits it yields in terms of personal and environmental protection. The SEPR is working to instill this culture in our country, collaborating with national organizations such as the Nuclear Safety Council, where it takes part in sectoral discussion forums with other scientific societies, and serving as advisor to committees of the Ministry of Health, Social Policy and Equality and regional ministries of the different Autonomous Communities. Many of its members are also prominent members of committees of international organizations such as ICRP, EURATOM, UNSCEAR, ISO, etc., on which they serve to improve international radiological protection standards, and at the same time to help the SEPR in its communication activities concerning current news in the field of radiological protection.

The collaboration with other Societies is increasing, with agreements signed with the Society of Environmental Health, the Spanish Society of Medical Radiology, etc. These have given rise to activities of common interest to improve radiological protection in the different sectors. In addition, the SEPR is associated with the Alliance for Radiation Safety in Pediatric Imaging, which is promoting improvement of radiological protection in pediatric radiology on an international scale.

The new technologies and the new procedures with radiation pose major challenges for radiological protection, and the SEPR is already devising strategies to help its professionals be in the best position, both in terms of information and training, to be part of the future of radiological protection in the different practices.

The SEPR is making efforts to promote and disseminate scientific information on radiological protection in all fields”

Proyecto regional del OIEA RLA/7/012

Coincidiendo con la celebración del Simposio internacional *Isotopes in Hydrology, Marine Ecosystems, and Climate Change Studies*, celebrado en Mónaco del 28 de marzo al 1 de abril, se llevó a cabo la reunión del Comité Científico Asesor del proyecto regional del Organismo Internacional de Energía Atómica RLA/7/012 centrado en la reconstrucción histórica de la contaminación por metales pesados y compuestos orgánicos en bahías del Gran Caribe mediante técnicas nucleares, con el objetivo de evaluar los resultados obtenidos a lo largo de los cuatro años del proyecto y preparar la documentación relativa a las conclusiones sobre la situación ambiental de las doce bahías estudiadas con vistas a su transmisión a las organizaciones nacionales competentes y a quienes deben tomar las decisiones.



Foto oficial de la Reunión del OIEA.

El CIEMAT, además de su papel en la formación de personal técnico de los países involucrados en el proyecto, desempeña tareas de análisis de muestras de sedimentos marinos de la zona, ha liderado los aspectos estadísticos de los datos y ha coordinado el estudio de intercomparación sobre análisis de radionúclidos, metales pesados, hidrocarburos aromáticos policíclicos y plaguicidas en muestras de sedimentos.

Los resultados del proyecto, considerado como el de mayor envergadura en la actualidad en el Departamento de Cooperación Técnica del OIEA, serán presentados durante la 55ª Conferencia General del OIEA, a celebrar en septiembre de este año. La reunión contó con la asistencia de la Dra. María Betti, directora del Laboratorio Marino de Mónaco del OIEA y de D. Juan Antonio Casas Zamora, jefe de la División de América Latina del Departamento de Cooperación Técnica del OIEA. ■

Presentación de IBER IES, la *International Energy School*

A finales de abril se presentó, en la sede de la Delegación del Gobierno en Aragón, la *International Energy School*, IBER IES, cuyo objetivo es la formación de profesionales capaces de modificar nuestro modelo energético, tanto investigadores, como tecnólogos y emprendedores.

IBER IES completará la investigación científica del Instituto de Investigación del Cambio Climático, I2C2. Además, el IBER IESS es una iniciativa que conecta el Instituto con el Campus de Ex-

celencia Internacional Iberus y la iniciativa privada de empresas líderes en el sector.

Los impulsores del proyecto han sido: por parte del Gobierno de España, el CIEMAT, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas; la Universidad de Zaragoza, a través de la Fundación CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos) y su Consejo Social, y el Gobierno de Aragón. IBER IES ocupó parte del espacio del Pabellón de España de la Expo 2008, y será una realidad para el curso 2012-13.



Firma del convenio.

En la firma del Convenio estuvieron presentes representantes de las instituciones participantes. IBER IES presentará una oferta internacional, competitiva y de vanguardia con respecto al cambio de modelo energético. La Escuela incluirá masters y postgrados, programas de doctorado, cursos de especialización, organización de jornadas y seminarios y cursos bajo demanda en español e inglés, así como cursos de especialización. Se prevé que en cinco años IBER IES pueda ser autosuficiente. ■

Exposición "Innovación de Rusia. Ciencia y Tecnología"

En el marco del Año Dual de España en Rusia y de Rusia en España 2011, tuvo lugar en Madrid, del 12 al 15 de mayo, en el Recinto Ferial de IFEMA, Pabellón 2, la exposición "Innovación de Rusia. Ciencia y Tecnología". El acto de inauguración estuvo presidido por el vicepresidente del Gobierno ruso, Alexander Zhúkov, y el ministro español de Industria, Miguel Sebastián. El objetivo principal de esta exposición era el fomento de la cooperación entre España y Rusia, poniendo de relieve las posibilidades de los sectores económicos de alta tecnología de la Federación Rusa y garantizando el contacto directo entre empresas de ambos países. El Ministerio de Educación y Ciencia de la Federación Rusa fue el organismo encargado de la organización del evento.

En esta exposición participaron más de 240 centros científicos y empresas rusas líderes en la industria aeroespacial, energética y nuclear, nanotecnológica, médica, logística, química, medioambiente y relacionadas con las tecnologías de la información. La Agencia Espacial Federal rusa tuvo un papel relevante, conectando en directo con los cosmonautas rusos de la Estación Espacial Internacional.



Un momento del desarrollo de las Jornadas del Año dual España-Rusia.

Las mesas redondas permitieron el necesario contacto entre la comunidad científica y el sector industrial y empresarial; algunas de las temáticas tratadas fueron: “La propiedad intelectual”, “El automóvil del futuro”, “El futuro verde del planeta”; en ellas participaron algunos expertos del CIEMAT: Ramón Gavela, director del Departamento de Energía, Enrique Soria, Tomás González, José Herrero y Fernando Martín. Este foro propició los encuentros empresariales con la presentación de proyectos innovadores de empresas y organizaciones rusas. ■

Premian al IREC con el premio Valortec de la Generalitat □

El Instituto de Investigación en Energía de Cataluña (IREC) recibió, a principios de mayo, el premio Valortec de la Generalitat de Cataluña, en la categoría de mejor Plan de Negocio de Comercialización de una Tecnología o Patente, por el proyecto *Lightelligence*, un instrumento de iluminación LED que permite medir y registrar el espectro de luz de un entorno y reproducirlo en tiempo real. Este premio lo concede ACCIÓ, la agencia para la competitividad de la empresa catalana de la Consejería de Empresa y Ocupación de la Generalitat de Cataluña. Existe ya un prototipo del proyecto que permite simular luces como la de la salida del sol o la de una aurora boreal en cualquier espacio.

También el segundo premio ha recaído en IREC, con el proyecto *NanoWireLess*, que consiste en el desarrollo de sensores de gas con un consumo eléctrico de hasta 10 000 veces inferior a los sensores actuales, sensores capaces de detectar gases peligrosos o contaminantes y también para determinar la calidad del aire en oficinas y viviendas particulares.



Edificio del IREC en Barcelona.

La dotación económica de los premios Valortec para los ganadores en cada categoría es de 15 000 €. Estos premios pretenden promover la creación de nuevas empresas de base tecnológica y la comercialización de patentes catalanas y su transferencia hacia los mercados tecnológicos.

El IREC, con sede en Barcelona y Tarragona, tiene como patronos a la Generalitat de Cataluña, a través del Departamento de Empresa y Ocupación y del Departamento de Economía y Conocimiento, y el Gobierno de España a través del CIEMAT y del Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía, IDAE, y ha sido cofinanciado por fondos FEDER del Programa Operativo Cataluña 2007-2013. ■

Nuevo récord de luminosidad en el LHC □

A finales de abril, el Gran Acelerador de Hadrones (LHC) del CERN (Laboratorio Europeo de Física de Partículas) consiguió un nuevo récord al colisionar protones con una luminosidad ($4,67 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) que supera la conseguida por el Tevatron (el acelerador de partículas de EE UU).

La luminosidad proporciona información sobre cuántas colisiones se producen en un acelerador de partículas, ya que cuanto mayor es la luminosidad mayor es la probabilidad de que las partículas colisionen y, consecuentemente, de que se obtenga una superior cantidad de datos, ampliando así la capacidad de análisis y la posibilidad de realizar importantes descubrimientos.

De hecho, el CMS (solenoides compacto para muones) está registrando colisiones con una eficiencia cercana al 95 %, lo que permite pensar a los investigadores que podrá descubrirse o excluirse el bosón de Higgs.

La participación de España en el LHC se promueve a través del Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN), proyecto Consolider-Ingenio 1010 en el que participan más de 400 científicos, de 26 grupos de investigación. ■

I Concurso de Divulgación Científica del CPAN □

En 2010 se promovió el I Concurso de Divulgación Científica desde el Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN), cuyos premios fueron entregados el día 23 de mayo pasado en la sede central del Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC). En esta primera edición se recibieron 47 trabajos de tres países: España, Argentina y Chile.

En la categoría “Artículos de divulgación” el premio ha sido para el texto *Antimateria, magia y poesía*, cuyos autores son: José Daniel Edelstein, de la Universidad de Santiago de Compostela, y Andrés Gomberoff, físico chileno. En la categoría de “Páginas webs/Blogs” el premio ha recaído en el blog *La Hora Cero*, sobre el LHC (el Gran Colisionador de Hadrones), coordinado por Carlos Escobar, investigador del Instituto de Física Corpuscular (CSIC-Univ. de Valencia). En la categoría de “Materiales audiovisuales” el premiado ha sido el documental

Universo extremo, trabajo impulsado por el Centro de Ciencias "Pedro Pascual" de Benasque, sobre la construcción y puesta en marcha del telescopio MAGIC en El Roque de los Muchachos, Tenerife. Y en la última categoría, la de "Experimentos/Demostraciones", se han premiado dos trabajos: *La cámara de niebla: partículas de verdad*, de Francisco Barrada, y *Cooking Muons*, de Jorge Barrio y Eva López, sobre cómo construir cámaras de niebla de bajo presupuesto.



Foto de familia de los galardonados en el I Concurso de Divulgación Científica CPAN.

El Centro Nacional de Física de Partículas, Astropartículas y Nuclear (CPAN) es un proyecto Consolider-Ingenio 2010, formado por 26 grupos de investigación españoles, que tiene entre sus principales objetivos promover la participación coordinada de los científicos españoles en las investigaciones punteras en Física de Partículas, Astropartículas y Física Nuclear, facilitar la incorporación de personal técnico e investigador, desarrollar actividades de I+D comunes, y la transferencia de tecnología y divulgación científica en general. ■

Aprobada la Ley de la Ciencia

El Pleno del Congreso de los Diputados aprobó, el 12 de mayo, la Ley de la Ciencia que sustituirá a la ley vigente desde 1986, adaptando la normativa al nuevo sistema científico español desarrollado en ese intervalo de tiempo y que sin duda influirá en el cambio de modelo productivo.

La ley está fundamentada en la carrera científica de los investigadores, facilitando la movilidad de éstos, así como permitiendo un currículum estable y predecible de dicha carrera basado siempre en los méritos. La nueva ley promueve la innovación, y la transferencia de conocimiento al tejido empresarial y a la sociedad.

Una de las innovaciones que presenta es la creación de la futura Agencia Estatal de Investigación que permitirá una mayor eficiencia y eficacia del gasto público en I+D. En palabras de la ministra de Ciencia e Innovación, Cristina Garmendia, el consenso obtenido en la tramitación parlamentaria "garantiza que la ley durará muchos años, y que extenderá sus beneficios en el tiempo con independencia de los ciclos políticos", así como que con esta norma habrá "más posibilidades para una nueva

generación de investigadores, emprendedores y profesionales de la innovación". Esta ley es una decidida apuesta por la mayor participación del sector empresarial, la creación de trabajo estable para los jóvenes investigadores y un aumento de la calidad de la ciencia española.

Algunos otros aspectos destacables de la Ley son los siguientes: creará el contrato de investigadores distinguidos, al que se podrán acoger los agentes que quieran contratar investigadores de reconocido prestigio; y recoge la sustitución de las becas por contratos desde que los investigadores comienzan el doctorado. ■

Certamen FECYT de comunicación científica

La Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT, mantuvo del 16 de mayo al 30 de junio, abierta la convocatoria del I Certamen FECYT de comunicación científica dirigido a premiar los trabajos periodísticos, divulgativos y didácticos en el ámbito de la comunicación de la ciencia, así como en la divulgación de los logros científicos de los investigadores españoles. Se establecían tres categorías, según se tratase de prensa escrita profesional, divulgación científica no profesional y audiovisuales.

Además de los premios de 1000 € para los ganadores en cada categoría, se estableció un premio adicional de 3000 € para premiar al investigador español cuya labor divulgativa haya sido más relevante, como incentivo para motivar la implicación de los productores de ciencia en su difusión al gran público. ■

Consorcio Internacional de Investigación en Enfermedades Raras

El Ministerio de Ciencia e Innovación, a través del Instituto de Salud Carlos III, participa en el Consorcio Internacional de Investigación en Enfermedades Raras (IRDiRC); así, España es el primer país europeo que suscribe formalmente la iniciativa promovida por los Institutos Nacionales de la Salud de EE UU y por la Comisión Europea para desarrollar hasta 2020 nuevas herramientas diagnósticas para todas las enfermedades raras y encontrar tratamiento para docenas de ellas.

En el presente, el diagnóstico y tratamiento de los pacientes afectados por enfermedades raras siguen siendo los retos a los que se enfrentan los investigadores. Los promotores del consorcio consideran posible alcanzar soluciones eficaces para este tipo de enfermedades, en gran parte debido a los últimos avances en genómica humana. En Europa son entre 24 y 36 millones las personas afectadas, tres de ellas en España; precisamente por esta razón en 2010 el MICINN destinó algo más de 12 millones de euros en investigación sobre estas patologías.

El IRDiRC pretende compartir compromisos y aunar esfuerzos para contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas que sufren este tipo de enfermedades. ■

Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 2011

En esta edición, los investigadores distinguidos con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica han sido los neurocientíficos Joseph Altman, Arturo Álvarez-Buylla y Giacomo Rizzolatti, los tres galardonados son referentes mundiales en el campo de la neurología ya que con sus trabajos han proporcionado pruebas sólidas para la regeneración de neuronas en cerebros adultos, y además han descubierto las denominadas neuronas espejo. Precisamente sus trabajos permiten pensar en nuevas vías para tratar enfermedades neurodegenerativas o asociadas al cerebro (Alzheimer, Parkinson, Autismo).

La candidatura que ha obtenido el Premio Príncipe de Asturias fue apoyada por Ricardo Miledi, premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica 1999, y por Paul Greengard, premio Nobel de Fisiología y Medicina 2000. ■

Más seguridad en la Red

Investigadores de la Facultad de Informática de la Universidad Politécnica de Madrid han desarrollado un sistema anónimo con gestión automática de rutas, sistema que permitirá a los usuarios preservar su privacidad y, simultáneamente, incrementar la seguridad en el intercambio de información (tanto en la emisión como en la recepción de datos). Se emplean programas multipunto basados en aplicaciones cliente-servidor.

La aplicación se ha desarrollado en lenguaje Java, bajo entorno de desarrollo integrado de código abierto multiplataforma Eclipse para la familia de sistemas operativos de Microsoft Windows, pero también es compatible con sistemas Unix.

Una de las características más destacables es la gestión del tráfico de datos, ya que la elección de rutas más eficientes permite a la red dar servicio con independencia del número de equipos que estén conectados en un momento dado.

Según apunta la propia UPM, este proyecto deja abierta la puerta para continuar con nuevas investigaciones que pueden mejorar la transmisión segura de datos en una red corporativa deslocalizada; usar servicios web confidenciales y autenticados; explotarlo como modelo para tareas de alto nivel computacional en redes neuronales y problemas matemáticos; crear un agente que participe en la comunicación segura; desarrollar una interfaz de usuario que permita elegir preferencias de uso sobre la red; optimizar el algoritmo de encaminamiento para su uso en una intranet, o incorporar el SAGR en un sistema de distribución de claves mediante criptografía cuántica (QKD). ■

Centro de Biocombustibles de 2ª Generación

La Fundación CENER-CIEMAT recibirá una subvención del Gobierno de Navarra de algo más de seis millones de euros para el Centro de Biocombustibles de Segunda Generación (CB2G), situado en el polígono industrial de Aoiz, subvención enmarcada en el desarrollo del "Plan Navarra 2012", plan de inversiones en

dotaciones e infraestructuras públicas de Navarra.

El CB2G es una instalación de ensayos piloto semi-industrial en la que es posible desarrollar procesos de producción de biocarburantes de segunda generación a partir de materias primas que no entren en competencia con la industria alimentaria; los materiales, especialmente lignocelulósicos, están constituidos por residuos tanto forestales como herbáceos, que serán procesados mediante distintas vías: termoquímica, bioquímica y/o enzimática, o bien mediante la aplicación de conceptos de biorrefinería. El centro podrá operar de forma continua en ensayos de larga duración simulando condiciones industriales, de forma que las transferencias de conocimiento y de tecnología al sector industrial sean las idóneas.



CENER

El proyecto total CB2G supone una inversión total de 20 millones de euros. En una primera fase se han invertido 12 millones de euros y se han construido la unidad de pretratamiento de la biomasa, las oficinas y los laboratorios. A lo largo de 2011 se construirán las unidades de gasificación y de procesos bioquímicos, que constituyen los 8 millones de euros restantes.

Los promotores del proyecto han sido el Gobierno de Navarra y el Ministerio de Ciencia e Innovación. La Fundación CENER-CIEMAT ostenta la titularidad del CB2G. ■

Programa Ciudad de la Ciencia y la Innovación

El Ministerio de Ciencia e Innovación convoca por segundo año consecutivo el programa Ciudad de la Ciencia y la Innovación para distinguir a los ayuntamientos que "hayan demostrado su esfuerzo y compromiso con la I+D+i y su contribución desde la esfera local al cambio de modelo productivo".

Esta distinción se otorga a 30 municipios que pasan a formar parte durante tres años de la Red INNPULSO (Red de Ciudades de la Ciencia y la Innovación), cuyo objetivo es reconocer e impulsar las actuaciones que realizan las administraciones locales en materia de Ciencia e Innovación. Entre otros aspectos, se considerará: la creación de puestos de trabajo, de empresa, desarrollo de proyectos de compra pública innovadora, etc.

Entre los beneficios que obtienen los municipios distinguidos se encuentran la promoción internacional en eventos relacionados con la I+D+i o la consideración preferente del municipio para ubicar instalaciones científicas y tecnológicas.

En la presente convocatoria se concederán los distintivos a ayuntamientos que hayan iniciado proyectos de innovación a partir del 1 de enero de 2011; el plazo de presentación de solicitudes finaliza el 15 de octubre. ■



Rosa María Sáez Angulo

Responsable de la Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos

Head of the Analysis of Energy Systems Unit

En octubre de 1968, recién finalizada mi licenciatura en Farmacia en la Universidad Complutense de Madrid, me incorporé al Grupo de Biofísica de la, entonces, Junta de Energía Nuclear (JEN). Los temas de investigación de este grupo satisfacían plenamente mi interés por la bioquímica y la JEN me dio la oportunidad de iniciarme en un campo de la ciencia realmente apasionante.

Comencé mi tesis doctoral, como becaria de la JEN, en un tema novedoso y de actualidad en aquellas fechas: "Radiosensibilidad bacteriana frente a radiaciones gamma y ultravioleta, dependencia composicional y mecanismos de reparación". Todavía recuerdo mi emoción al obtener, por primera vez en un tubo de ensayo, el ADN de la bacteria *Escherichia coli* y después, el de muchas más bacterias. A todas ellas les sometería a múltiples agresiones externas, principalmente a radiaciones gamma y ultravioleta, con el fin de estudiar sus alteraciones estructurales.

Recuerdo también mi entusiasmo al comprobar cómo todas esas bacterias irradiadas eran capaces de experimentar una síntesis reparadora en su ADN dañado, pudiendo yo misma comprobar y cuantificar el proceso. Se consiguió también marcar sus ADN con timidina tritiada, de tal forma que la cuantificación de dímeros de timina nos daba información sobre los sistemas de reparación de las lesiones producidas por las radiaciones gamma y ultravioletas en el ADN. Hoy, después de más de 40 años, conservo la capacidad de asombro por lo que la Naturaleza es capaz de hacer y, mantengo la curiosidad por comprender cómo lo hace.

Mi especialización en microbiología dentro del grupo, me permitió colaborar con otros grupos de investigación de la JEN y, especialmente, con la División de Materiales. Era realmente emocionante poder aislar y después cultivar por separado, las bacterias ferro y sulfoxidantes desde un montón de tierra traída de las minas de uranio españolas. El objetivo era utilizar estas bacterias en la lixiviación de los minerales de uranio.

Son recuerdos vividos con tanta intensidad que los años solo han conseguido atenuarlos pero no olvidarlos. Esa década de los 70 fue apasionante, pero no fáciles. Una vez acabada la tesis doctoral y obtenida por oposición una plaza en la JEN, pensé que era el momento de cambiar de tema de trabajo, dentro del área de investigación.

Me trasladé al recién creado Grupo de Fotosíntesis, dirigido por Jesús Fernández, en la División de Aplicación de Isótopos, ubicado en el edificio 42. Este traslado significó un gran cambio en mi vida profesional. El entusiasmo del responsable del grupo por el trabajo que allí se realizaba, se transmitía a todo el equipo y allí disfruté trabajando en un admirable ambiente laboral.

De las bacterias pasé a los vegetales. Estudié las propiedades de la enzima ribulosa 1,5 difosfato carboxilasa (RuBP carboxilasa) del trigo y del maíz,

In October 1968, having recently finished by degree in Pharmacy in the Madrid Complutense University, I joined the Biophysics Group of the former Junta de Energía Nuclear (JEN). This group's fields of research fully satisfied by interest in Biochemistry and the JEN gave me the opportunity to begin working in a truly fascinating field of science.

*I began my doctoral dissertation as an fellow in the JEN on what was a new and original topic at that time: "Bacterial radiosensitivity to gamma and ultraviolet rays, compositional dependence and repair mechanisms". I still remember how excited I was when, for the first time, I obtained the DNA of the *Escherichia coli* bacteria in a test tube and later the DNA of many other bacteria. I subjected them all to multiple external aggressions, mainly to gamma and UV rays, in order to study their structural alterations.*

I also remember my enthusiasm on realizing how the damaged DNA of all those irradiated bacteria were able to undergo reparative synthesis and that I was able to verify and quantify the process. We also succeeded in marking those DNA with tritiated thymidine, such that the quantification of thymidine dimers provided us information on the repair systems of the lesions caused by the gamma and UV rays in the DNA. Today, after more than 40 years, I can still be surprised by what Nature is capable of doing and I am still curious to understand how it does it.

My specialization in Microbiology in the Biophysics Group enabled me to collaborate with other research groups at JEN, and especially with the Materials Division. It was really exciting to be able to isolate and later separately cultivate the iron and sulfoxidant bacteria from a pile of earth brought from the Spanish uranium mines. The purpose was to use these bacteria in the lixiviation of uranium minerals.

These are such vivid memories that the time has only managed to dim them but not to make me forget them. The decade of the 1970s were exciting years, but they were not easy. Once I had finished by doctoral dissertation and obtained a position in the JEN through a competitive examination, I thought the time had come to change the focus of my research work.

I moved on to the recently created Photosynthesis Group headed by Jesus Fernandez in the Isotope Application Division, located in building 42. For me this move meant a major change in my professional life. The group leader's enthusiasm for the work being done there was conveyed to the entire team, and I fully enjoyed working in that environment.

I switched from bacteria to plants. I studied the properties of the enzyme ribulose diphosphate carboxylase (RuBP carboxylase) of wheat and corn, which is involved in the dark phase of photosynthesis, and I found out how the concentration of nitrogen in the soil affects the activity of this enzyme.



División de Biomasa (1985).
Biomass Division (1985).

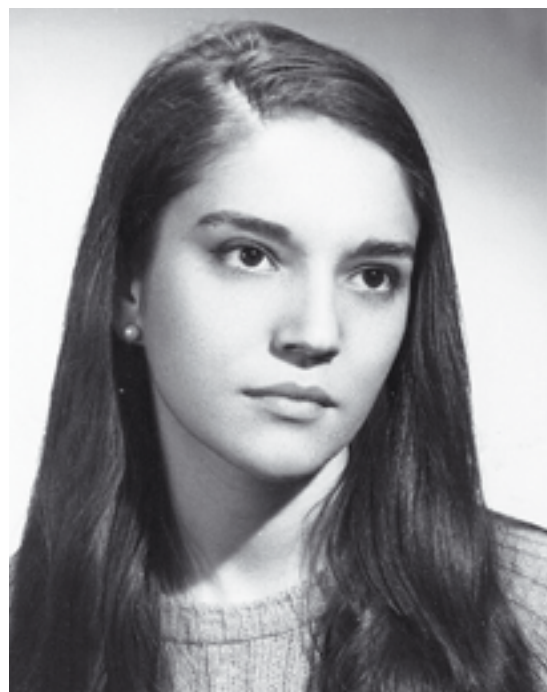
que interviene en la fase oscura de la fotosíntesis, y comprobé cómo afecta la concentración de nitrógeno en el suelo a la actividad de esta enzima.

Durante la realización de estos estudios, tuvo lugar un acontecimiento determinante en mis objetivos científicos para el resto de mi vida profesional. En junio de 1980, en la conferencia de investidura como Dr. Ingeniero Agrónomo *Honoris Causa* por la Universidad Politécnica de Madrid del Premio Nobel Malvin Calvin, escuché hablar, por primera vez, sobre el efecto invernadero producido por las emisiones de CO₂ de los combustibles fósiles en la obtención de energía, y la posibilidad de evitarlo sustituyendo estos combustibles fósiles por hidrocarburos obtenidos de cultivos agrícolas. El Dr. Calvin se refería al látex de determinadas especies de euforbias (*Euphorbia lathyris*, *Euphorbia tirucalli*), cuyos principales compuestos son hidrocarburos. Aunque el aprovechamiento de estos hidrocarburos como biocarburante no ha progresado, el hecho de pensar en los cultivos agrícolas de plantas no alimentarias para producir energía fue premonitorio para lo que, más tarde, se llamaría agroenergética y cultivos energéticos cuyas denominaciones fueron precisamente acuñadas, más tarde, por Jesús Fernández. En esta misma visita a España, Calvin visitó la JEN y, concretamente, el Grupo de Fotosíntesis donde tuvimos ocasión de presentarle nuestros trabajos. Realmente, ése fue mi inicio en el tema en el que trabajé durante más de una década después, el aprovechamiento energético de la biomasa. Durante otras casi dos décadas adicionales, he trabajado en la evaluación de los efectos de las emisiones de gases de efecto invernadero producidas en la generación y uso de la energía, mencionado por Calvin.

Después de que, por “necesidades de servicio” y por mi formación farmacéutica, tuviera que responsabilizarme por un tiempo del estudio farmacocinético de la oleilaniida, relacionado con el envenenamiento masivo por aceite de colza (año 1981), comencé a formar el equipo de biotecnología dentro de la recién creada División de Biomasa del Instituto de Energías Renovables (IER). El objetivo era estudiar la obtención de etanol por hidrólisis enzimática de la biomasa lignocelulósica. Para ello tuvimos que obtener, en primer lugar, las celulasas del *Trichoderma reesei* y pretratar la biomasa lignocelulósica con un recién

*When these studies were being carried out, an event took place that had a decisive influence on my scientific goals for the rest of my professional life. In June 1980, during the lecture given by Nobel Prize winner Malvin Calvin on occasion of being invested Doctor “Honoris Causa” by the UPM, I heard for the first time about the greenhouse effect caused by the CO₂ emissions emitted by fossil fuels when burned to generate energy and the possibility of preventing this effect by replacing these fossil fuels with hydrocarbons obtained from agricultural crops. Dr. Calvin referred to the latex of certain euphorbia species (*Euphorbia lathyris*, *Euphorbia tirucalli*), whose main compounds are hydrocarbons. Although not much progress has been made in the use of these hydrocarbons as biofuel, the idea of using the agricultural crops of non-food plants to produce energy was a precursor of what would later be called agro-energy and energy crops, names that were coined later by Jesus Fernandez. In that visit to Spain, Calvin visited the JEN, and specifically the Photosynthesis Group, where we had the opportunity to show him our work. That was actually my introduction to the topic I worked on for more than a decade later – the energy exploitation of biomass. For almost two more decades, I have worked on assessing the effects of greenhouse gas emissions caused by the generation and use of energy, as mentioned by Calvin.*

After I had to temporarily assume responsibility, due to “service needs” and my pharmaceutical training, for the pharmacokinetic study of the oleilaniide related to the mass poisoning by rapeseed oil (1981), I began to put together the Biotechnology team in the recently created Biomass Division of the Renewable Energy Institute (IER). The purpose was to study how to obtain ethanol from enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass. To do so, we first had to obtain



Rosa María Sáez en 1968.
Rosa María Sáez in 1968.

Nuestros Profesionales



Visita del Premio Nobel de Química, Malvin Calvin (1985).
Visit of the Chemistry Nobel Prize, Malvin Calvin (1985).

estrenado sistema llamado “steam explosión”, para obtener finalmente etanol de residuos forestales. Las dificultades y los problemas con los que nos tuvimos que enfrentar fueron grandes pero al final lo conseguimos. Estábamos entonces en el año 1983, y la JEN replanteó sus objetivos e inició una profunda reestructuración. Eran tiempos convulsos pero emocionantes y trabajé con mucha ilusión. Las cosas estaban cambiando en el país y en la JEN, se hablaba de actividades novedosas, atractivas, y podíamos proponer temas nuevos de investigación. Fueron unos años maravillosos de creatividad.

En 1984 me hice cargo de la División de Biomasa coincidiendo con el cambio de nombre de JEN a CIEMAT y de los objetivos de este centro. Estos cambios también afectaron a la División de Biomasa, de la que ahora era responsable, y tuve que acometer su reestructuración de acuerdo con esos nuevos objetivos. Se iniciaron nuevas líneas de investigación dentro de esta división, entre las que se incluyeron los procesos de combustión de la biomasa, la producción de biogás por digestión anaerobia y la fermentación de biomasa amilácea.

Quiero comentar también mi colaboración en la creación del CEDER de Soria en las instalaciones que, en un principio, habían sido preparadas para actividades relacionadas con energía nuclear. En estos comienzos, en el CEDER se instaló una caldera de combustión de biomasa y se iniciaron las actividades relacionadas con su pretratamiento para la combustión, y con la instalación de los laboratorios de caracterización de biomasa. Durante estos primeros años, la biomasa fue la única energía renovable sobre la que se desarrolló actividad en el CEDER.

El nombramiento de Luis Crespo como director del Instituto de Energías Renovables del CIEMAT y los preparativos de la entrada de España en la Unión Europea y, por tanto, la oportunidad de participar en proyectos europeos de investigación, fueron claves en la evolución del IER al que la División de Biomasa pertenecía. El dinamismo del nuevo director nos permitió estar de inmediato en Bruselas participando de las discusiones científicas relacionadas con nuestros temas de investigación, en especial sobre la hidrólisis enzimática de la biomasa y la fermentación alcohólica.

En 1986 España entró a formar parte de la Unión Europea y en ese momento no había nadie en nuestro país que investigara estos temas, y en Europa había pocos grupos. Solamente en EE UU, a raíz de la crisis del petróleo de 1973, el Departamento

the cellulases from *Trichoderma reesei* and pre-treat the lignocellulosic biomass with a recently debuted system called steam explosion, and finally obtain ethanol from forest waste. We had to overcome many difficulties and problems, but in the end we achieved our goal. That was 1983, when the JEN redefined its objectives and began a profound restructuring. Those were tumultuous but exciting times, and I worked with a lot of enthusiasm. Things were changing in the country and in the JEN, with talk of novel activities, and we could propose new research topics. They were marvelous years of creativity.

In 1984, I took over the Biomass Division at the same time that the JEN changed its name to CIEMAT and redefined its objectives. These changes also affected the Biomass Division which I was heading, and I had to start restructuring it in accordance with those new objectives. New lines of research were introduced in this Division, including biomass combustion processes, anaerobic digestion-based biogas production and fermentation of amylaceous biomass.

I would also like to comment on my collaboration with the people who created the CEDER in Soria, in the installations that originally had been prepared for nuclear power-related activities. In the early days of the CEDER, a biomass combustion boiler was installed and the center started working on the activities related to biomass pre-treatment for combustion and the installation of the biomass characterization laboratories. During those early years, biomass was the only renewable energy being developed in the CEDER.

The appointment of Luis Crespo as Director of the CIEMAT's Renewable Energy Institute and the preparations for Spain's entry into the European Union, and consequently the opportunity to take part in European research projects, were key for the evolution of the IER, to which the Biomass Division belonged. Thanks to our dynamic new director, we were able to immediately take part in scientific discussions in Brussels related to our fields of research, especially enzymatic hydrolysis of biomass and alcoholic fermentation.

In 1986, Spain became a member of the EU and at that time there was no one in our country doing research in those fields, and only a few groups in Europe. It was only in the U.S., as a result of the 1973 oil crisis, that the US Department of Energy (DOE) had launched a program, with generous funding, to do research on how to obtain energy from biomass in general, and in particular on bio-ethanol production from lignocellulosic biomass.

I had the opportunity to learn about this research first hand in late 1987, when I traveled to Washington D.C. as an Exchange Scientist in the Biofuels and Municipal Waste Technology Division of the US DOE. During my stay there, I was able to closely follow the development of the most relevant technologies in the area of biomass in the U.S.: thermochemical conversion, anaerobic digestion, acidic and enzymatic hydrolysis and fermentation. The most innovative technology at that time was Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) in the process of transforming lignocellulosic biomass to ethanol, and fermentation of xylose into ethanol. Of the activities related to ethanol

mento de Energía (DOE) había iniciado un programa, con gran dotación presupuestaria, para investigar sobre la obtención de energía de la biomasa, en general, y sobre la producción de bioetanol de biomasa lignocelulósica, en particular.

La oportunidad de conocer de cerca estas investigaciones me surgió a finales de 1987, cuando me desplacé a Washington D.C. como *Exchange Scientist* en la *Biofuels and Municipal Waste Technology Division* del DOE en EE UU. Durante el tiempo que permanecí allí, pude seguir con detalle los desarrollos de las tecnologías más relevantes en el área de biomasa en este país; conversión termoquímica, digestión anaerobia, hidrólisis ácida, enzimática y fermentación. La tecnología más novedosa en aquel momento era la Sacarificación Simultánea a la Fermentación (SSF), en el proceso de transformación de la biomasa lignocelulósica a etanol, y la fermentación de la xilosa a etanol. Dentro de las actividades relacionadas con la obtención de etanol me llamó poderosamente la atención la experimentación en purificación de enzimas y técnicas de ADN recombinante, para incrementar su producción, llevada a cabo en una universidad de EE UU dentro del programa de biomasa del DOE, y conseguí incorporarme como *Visiting Scientist* en el Departamento de Microbiología de la Universidad de Georgetown de Washington D.C., para trabajar en ese tema.

Allí realicé un proyecto de clonación y caracterización del operón de la tirosinasa del *Streptomyces cacaoi* donde pude aprender las técnicas de ADN recombinante, clonación de genes, secuenciación nucleotídica y otras técnicas avanzadas, en aquellos años, en uno de los mejores grupos de investigación de EE UU.

Mi estancia en ese país me permitió no sólo trabajar experimentalmente en temas de vanguardia en biotecnología, sino también aprender las técnicas de gestión de los programas que el DOE tenía en marcha sobre biomasa y participar en las reuniones de los proyectos, al formar parte de la directiva de seguimiento. El análisis de la política energética de EE UU, realizado codo con codo con algunos de sus responsables, despertaron mi interés en el tema energético en general con una perspectiva más amplia y generalista que la que tenía hasta entonces.

En 1994 volví al CIEMAT para responsabilizarme de un nuevo grupo de investigación que Lucila Izquierdo, como directora entonces del Instituto de Estudios de la Energía, tenía intención de crear. Era un nuevo reto en mi carrera profesional pero pensé que merecía la pena y no me equivoqué.

El grupo, inicialmente llamado Estudios Socioeconómicos y Medioambientales de la Energía, nació con vocación de complementar las actividades tecnológicas y científicas del CIEMAT, con estudios sobre aspectos medioambientales y socioeconómicos de la generación y consumo de energía. Desde el comienzo tuve claro que nuestra actividad tenía que apoyarse en los conocimientos y trabajos técnicos de otros grupos del CIEMAT por lo que la colaboración con muchos de los departamentos del CIEMAT ha sido frecuente y me ha dado la oportunidad de colaborar con magníficos profesionales dentro del centro. Todos los que formábamos el grupo estábamos convencidos de que nuestro trabajo tenía que estar avalado por programas y planes nacionales e internacionales de investigación, y desde el primer momento, acudimos a las convocatorias que nuestro sistema nacional de I+D y, especialmente, los programas europeos de investigación, nos ofrecieron. A los cinco años de andadura, el grupo, formado por un número reducido de personas, había participado, o estaba participando, en 18 proyectos financiados por la UE en sus programas sobre energía. Fuimos los pioneros en nuestro país en acometer la evaluación económica de las externalidades, asociadas a la producción y consumo de energía, procedentes de diferentes ciclos de



Departamento de Microbiología, Universidad de Georgetown, Washington DC.
Department of Microbiology, Georgetown University, Washington DC.

production, I focused my attention particularly to the experimentation with enzyme purification and recombinant DNA techniques to increase production that was being carried out in a U.S. university as part of the DOE Biomass program. I managed to join the Department of Microbiology of Georgetown University in Washington D.C. as a Visiting Scientist to work in this field.

There I worked on a project to clone and characterize the tyrosinase operon at the Streptomyces cacaoi and was able to learn about recombinant DNA techniques, gene cloning, nucleotide sequencing and other advanced techniques of the time, in one of the leading research groups in the U.S. .

My stay in that country enabled me to not only work on experiments in cutting edge areas in Biotechnology, but also to learn about the management techniques of the DOE biomass programs and to take part in project meetings as part of the follow-up committee. Analyzing U.S. energy policy hand by hand with some of their US energy policy makers aroused my interest in the energy field with a more general, broader perspective than I had had before.

In 1994, I returned to the CIEMAT to head a new research group that Lucila Izquierdo, then Director of the Energy Studies Institute, intended to create. It was a new challenge in my professional career that I thought was worthwhile, and I was not mistaken.

The group, originally called Socioeconomic and Environmental Energy Studies, was founded to complement

Nuestros Profesionales



Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos (2011).
Analysis of Energy Systems Unit (2011).

combustible y del transporte, tema en el que seguimos siendo grupo de referencia. También lo somos en la evaluación de los impactos medioambientales de la producción y uso de la energía utilizando el Análisis de Ciclo de Vida (ACV). Más nuevos, pero no menos eficaces, somos en temas relacionados con el desarrollo y utilización de métodos y modelos para el análisis económico, tecnológico y medioambiental de los sistemas energéticos y en la evaluación de los impactos económicos derivados de la implantación de las energías limpias en el mercado.

La relación con grupos similares al nuestro, pertenecientes a destacados centros europeos de investigación, ha sido constante a lo largo de estos 17 años que lleva funcionando este grupo, hoy llamado Unidad de Análisis de Sistemas Energéticos y perteneciente al Departamento de Energía. Durante ese periodo, hemos colaborado con esos grupos europeos en 60 proyectos de investigación, cuyos resultados, que han sido muy positivos, prefiero sean vistos en la información que ofrece la página web del CIEMAT sobre esta unidad.

En este recorrido por mi vida profesional solamente he nombrado a las personas que, de una u otra manera, condicionaron mi vida, para bien, y confiaron en mi capacidad de trabajo. Pero hay muchas más con las que, a lo largo de toda mi vida profesional, he colaborado y de las que tengo muy gratos recuerdos. En el CIEMAT son muchos, por lo que no puedo nombrarlos a todos, pero ellos saben quienes son y desde aquí quiero agradecerles todo lo bueno que me dieron. Algunos de ellos ya se fueron, pero la mayoría todavía están en activo. Quiero hacer mención especial a las personas que actualmente forman la unidad de la que soy responsable. Son un equipo excelente, formado por personas, trabajadoras, entusiastas e inteligentes sin los que mi trabajo en los últimos años, no hubiera sido posible. A todos ellos les doy las gracias por su compromiso con el trabajo y les deseo y auguro muchos éxitos en la larga carrera que todavía tienen por delante.

No quiero terminar mi relato sobre mi vida profesional sin expresar mi agradecimiento al CIEMAT por permitirme trabajar y desarrollar mis iniciativas en un entorno de alta profesionalidad y exigencia. Ha sido un honor formar parte de esta prestigiosa organización a la que he aportado mi esfuerzo durante tantos años.

the technological and scientific activities of the CIEMAT, with studies on environmental and socioeconomic aspects of energy generation and consumption. From the very beginning, I realized that our activity had to be supported by the technical work and know-how of other CIEMAT groups and, consequently, I have frequently collaborated with many of the CIEMAT departments, which has given me the opportunity to collaborate with magnificent professionals in the center. All of us in the group were convinced that our work had to be guaranteed by international and national research programs and plans and, from the very first moment, we submitted proposals to the calls from our national R&D system, and especially those for European research programs. After 5 years, the group, formed by a small number of people, had participated, or was participating, in 18 projects funded by the EU in its energy programs. We were pioneers in our country in the economic assessment of the externalities associated with energy production and consumption that are found in different fuel and transport cycles, and we continue to be a reference group in this field. We are also a reference group in the evaluation of the environmental impacts of energy production and use based on Life Cycle Assessment (LCA). We are newer to, but not less effective in, fields related to the development and use of methods and models for the economic, technological and environmental analysis of energy systems and the assessment of the economic impacts caused by the implementation of clean energies on the market.

During the 17 years that this group, now called the Energy Systems Analysis Unit and belonging to the Department of Energy, has been functioning, it has had ongoing relations with similar groups in leading European research centers. We have collaborated with those European groups in 60 research projects. The results of these projects, which have been very positive, can be consulted in the information posted on the CIEMAT website concerning this Unit.

In this description of my professional career, I have only named the people who in one way or another have had a determining influence on my life and who trusted in my capabilities. But there are many more with whom I have collaborated during my professional career and of whom I have very fond memories. There are many in the CIEMAT and I cannot name them all, but they know who they are and from here I would like to thank them for all the good they have done for me. Some of them have gone, but most of them are still active. I want to especially mention the people who are currently working for my Unit. They are an excellent team of hard working, enthusiastic, intelligent people without whom my work in recent years would not have been possible. I thank them all for their commitment and I wish them much success in the long careers they have before them.

I do not want to conclude this account of my professional career without thanking the CIEMAT for letting me work and develop my initiatives in a highly professional, demanding environment. It has been a honor to belong to this prestigious organization where I have worked for so many years.

MOLÈCULES EN ACCIO

Xavier Duran
 Edita: UPC (2010)
 Lengua: catalana -130 páginas
 ISBN: 978-84-9880-440-9



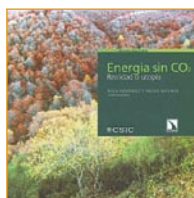
El químico y divulgador Xavier Duran nos habla en este libro del origen de la vida, la forma como los animales se comunican entre sí o atraen, el modo que tienen las plantas de defenderse, la composición de los pigmentos de las pinturas, la forma de obtener vehículos más seguros, ligeros y eficientes, los mecanismos del cáncer o de las adicciones...

Con un lenguaje asequible y un tono verdaderamente ameno, Molècules en acció muestra cómo, a través de la química (a la que la UNESCO ha dedicado este año), se pueden comprender las reacciones que se dan en los seres vivos, en los laboratorios de investigación o en el ámbito doméstico, y cómo la química protagoniza el drama tecnológico.

Autor de varias decenas de libros y director de programas televisivos de divulgación, Xavier Duran, nos lleva en este libro desde los vericuetos más complejos de esta Ciencia hasta la química que subyace en nuestras diversiones. Xavier Duran, entre otros galardones, tiene el "Joan Fuster", el "Josep Vallverdú" y el "Europeo de Divulgación Científica-Estudio General".

ENERGÍA SIN CO₂. REALIDAD O UTOPIA

Coordinadores: Rosa Menéndez y Rafael Moliner
 Edita: CSIC-La Catarata (2011)
 Lengua: castellana - 270 páginas
 ISBN: 978-84-00-09332-7



En Energía sin CO₂. Realidad o utopía una veintena de autores analizan el potencial de algunas tecnologías para la generación de energía eléctrica. Dado que estos expertos trabajan en diversos campos y con diferentes puntos de vista, algunas conclusiones pueden diferir, otorgando a la obra una notable riqueza de matices. Así, pues, un problema que nos afecta y preocupa a todos se pinta desde la pluralidad y lo multidisciplinar.

¿Qué alternativas pueden contribuir a una generación de energía eléctrica ambientalmente sostenible? ¿Qué tecnologías garantizan este suministro energético? ¿Qué costes se asocian con cada método de producción eléctrica? ¿Cómo y dónde surge el CO₂? ¿Qué efectos tiene esta molécula sobre el equilibrio térmico de la atmósfera?... *Energía sin CO₂. Realidad o utopía* termina con una serie de reflexiones desde la perspectiva de los ambientalistas y de cómo puede contribuir la ciudadanía en la sostenibilidad planetaria sin olvidar algunas recomendaciones en cuanto a las políticas que cabe adoptar. Sin duda, el tema resulta interesante como lo refleja la gran cantidad de iniciativas que se desarrollan en nuestro país, España en el ámbito de la investigación pública (OPI y Universidades) y privada. Como se recoge en un interesante capítulo del libro.

CURSOS segundo semestre 2011

ESPECIALIDAD	CURSOS	FECHA
Protección Radiológica www.ciemat.es E-mail: pr.tn@ciemat.es Telf.: 91 346 62 94 / 67 48	<ul style="list-style-type: none"> Dirigir / Operar Equipos de Rayos X de Radiodiagnóstico Médico. 	17 al 21 de octubre
Tecnología Nuclear www.ciemat.es E-mail: pr.tn@ciemat.es Telf.: 91 346 62 94 / 67 48	<ul style="list-style-type: none"> Máster en Ingeniería Nuclear y Aplicaciones MNA-2010. Transporte de Material Radiactivo 	4 octubre 2010 a 29 junio 2011 14 a 18 noviembre
Energías Renovables www.ciemat.es E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Sistemas Solares de Concentración. Integración de la Energía Solar en Edificios. 	17 a 27 octubre 21 a 25 noviembre
Medio Ambiente www.ciemat.es E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Procesos de Degradación y Recuperación de Suelos. Decontamination and Disinfection of Water and Air by Solar Advanced Oxidation Processes. 	26 septiembre a 7 octubre 24 a 26 octubre
Biotecnología www.ciemat.es E-mail: er.ma.bt@ciemat.es Telf.: 91 346 64 86 / 62 95	<ul style="list-style-type: none"> Citometría de Flujo. Criopreservación de Gametos y Embriones de Ratón. 	14 a 18 noviembre 18 noviembre
Aula Virtual www.ciemat.es Email: aulavirtual@ciemat.es Telf.: 91 346 08 93	<ul style="list-style-type: none"> Técnico en Prevención de Riesgos Laborales en Experimentación Animal - Nivel Básico. Modelización de la Contaminación Atmosférica. Técnico Experto en Protección Radiológica - Instalaciones Radiactivas. 	19 septiembre a 16 diciembre 19 septiembre a 16 diciembre 19 septiembre a 13 enero



El Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas (CIEMAT) es un organismo público de investigación adscrito al Ministerio de Ciencia e Innovación y cuyas actividades se desarrollan en las áreas de energía y medioambiente, en tecnologías de vanguardia y en ámbitos de investigación básica.

La principal misión del CIEMAT es contribuir al desarrollo sostenible de España y a la calidad de vida de sus ciudadanos mediante la generación y aplicación del conocimiento científico y tecnológico.

El equipo humano del CIEMAT, formado por 1500 personas, realiza su actividad en torno a proyectos de envergadura tecnológica, capaces de articular la I+D+i y los objetivos de interés social.



CENTROS DEL CIEMAT EN TODA ESPAÑA:

Mocloa-CIEMAT (Madrid)(sede central) (www.ciemat.es)

PSA - Plataforma Solar de Almería (Tabernas, Almería) (www.psa.es)

CETA - Centro Extremeño de Tecnologías Avanzadas (Trujillo, Cáceres) (www.ceta-ciemat.es)

CIEDA - Centro Internacional de Estudios de Derecho Ambiental (Lubia, Soria)

CISOT- Centro de Investigaciones Sociotécnicas (Barcelona)

CEDER - Centro de Desarrollo de Energía Renovables (Lubia, Soria) (www.ceder.es)