

# Plan de I+D del CSN 2016-2020

i+d

Colección Documentos I+D 23.2016



Plan de I+D del CSN 2016-2020



# Plan de I+D del CSN 2016-2020

Colección  
Documentos I+D  
23.2016



Colección: Documentos I + D  
Referencia: DID-23.16

© Copyright 2016. Consejo de Seguridad Nuclear

Publicado y distribuido por:  
Consejo de Seguridad Nuclear  
Justo Dorado, 11. 28040 - Madrid  
<http://www.csn.es>  
[peticiones@csn.es](mailto:peticiones@csn.es)

Maquetación: Cerezo Design  
Depósito legal: M-34090-2016

# Índice

<b>I. Introducción</b> .....	9
<b>II. Objetivos de las actividades de I+D del CSN</b> .....	13
<b>III. Referencias técnicas utilizadas para elaborar el Plan de I+D del CSN 2016-2020</b> ..	17
III.1. Análisis del desarrollo del Plan de I+D 2012-2015 .....	18
III.2. Programas de I+D de otras organizaciones .....	18
III.3. Actividades derivadas del accidente de Fukushima .....	19
<b>IV. Programas de investigación y desarrollo</b> .....	21
IV.1. Líneas estratégicas de I+D dentro del ámbito de la seguridad nuclear .....	22
IV.1.1. Métodos y herramientas de análisis y simulación. Códigos de simulación de incendios. ....	22
IV.1.2. Metodologías de análisis de seguridad. ....	23
IV.1.3. Operación, almacenamiento y transporte del combustible y gestión del combustible gastado. ....	24
IV.1.4. Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento. ....	25
IV.1.5. Comportamiento frente a condiciones más allá de la base de diseño (incluidos accidentes severos). ....	27
IV.1.6. La seguridad en los sistemas socio-técnicos (tecnología, persona y organización). ....	28
IV.1.7. Experiencia operativa: Bases de datos. ....	28
IV.1.8. Métodos y herramientas de apoyo en emergencias (análisis, diagnóstico y pronosis de situaciones de emergencia). ....	28
IV.2. Líneas estratégicas de I+D dentro del ámbito de la protección radiológica. ....	29
IV.2.1. Detección y medida: metrología y dosimetría. ....	29
IV.2.2. Protección radiológica en situaciones de exposición planificada (protección radiológica ocupacional). ....	29
IV.2.3. Protección del público y del medioambiente. Desmantelamiento de instalaciones. ....	30
IV.2.4. Situaciones de exposición existente. ....	30
IV.2.5. Radiobiología. ....	31
IV.2.6. Protección radiológica del paciente. ....	32
IV.2.7. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento .....	32
IV.2.8. Liberación de radionucleidos en accidentes severos. ....	33
IV.2.9. Gestión de emergencias. ....	33
IV.2.10. Seguridad física. ....	34
IV.2.11. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo relacionados con la protección radiológica. ....	34

<b>V. Gestión del Plan de Investigación y Desarrollo</b> .....	37
V.1. Colaboración con otras organizaciones .....	38
V.1.1. Organizaciones nacionales de investigación. ....	38
V.1.2. Organizaciones internacionales. ....	39
V.1.3. Industria nuclear. ....	41
V.2. Plataformas tecnológicas y otros foros de I+D .....	41
V.3. Gestión de los proyectos de I+D .....	43
V.3.1. Convocatorias de concesión de subvenciones. ....	43
V.3.2. Convenios de colaboración. Selección y priorización de proyectos a desarrollar en los mismos. ....	43
V.3.3. Valoración y uso de los resultados de los proyectos. ....	44
V.4. Comunicación y difusión de los resultados de los proyectos .....	44
 <b>VI. Referencias</b> .....	 47
 <b>VII. Anexos</b> .....	 49
Anexo I: Mapa de procesos del CSN .....	50
Anexo II: Tabla de líneas estratégicas para la I+D del CSN en aspectos de seguridad nuclear y protección radiológica .....	51



# I. Introducción

La vigente Ley 15/1980 de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear (CSN) identifica como una de las funciones del CSN “establecer y efectuar el seguimiento de planes de investigación en materia de seguridad nuclear y protección radiológica”. Se reconoce así el papel de las actividades de investigación y desarrollo como un componente necesario que contribuye a que el CSN cumpla con las funciones reguladoras que tiene atribuidas.

En cumplimiento de esta función se elabora el Plan de I+D para un período de 5 años, cuya aprobación, de acuerdo al Estatuto del CSN, corresponde al Pleno del Consejo. Dicho Plan es uno de los elementos básicos para el mejor cumplimiento de las funciones del organismo en lo relativo a I+D y para una mayor eficacia y eficiencia de sus actividades de I+D en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Las actividades de I+D del CSN se consideran, bien directa o indirectamente, dentro de los aspectos básicos para el adecuado funcionamiento y consecución de los objetivos principales del CSN. Así, en el apartado 2 del Plan Estratégico del CSN 2011-2016 se exponen los aspectos básicos de la Misión, Visión y Valores del CSN. En lo relativo a la “Visión” del organismo se incluyen referencias a la necesidad de una adecuada cualificación técnica y en lo relativo a “Valores” se indica expresamente la necesidad de que las actuaciones del organismo se sustenten en conocimientos sólidos y actualizados al mejor nivel posible. Está ampliamente aceptado que las actividades de I+D juegan un papel fundamental para asegurar la actualización permanente, acorde con el estado de la tecnología y conocimientos científicos, de la cualificación técnica del personal del CSN y la solidez de los conocimientos en que se basan sus actuaciones.

El presente Plan de I+D comprende el período 2016-2020 y establece los objetivos de las actividades de I+D del CSN (apartado II), las referencias técnicas utilizadas en su elaboración (apartado III) y las líneas estratégicas de I+D propuestas por las Direcciones Técnicas (DDTT) en apoyo de los procesos reguladores (apartado IV y anexo II).

El Plan de I+D 2016-2020 incluye en el apartado V los aspectos básicos relacionados con la gestión del mismo y proporciona directrices sobre los siguientes temas:

- Modelos de gestión de los proyectos de I+D
- Selección y priorización de proyectos
- Valoración y uso de los resultados de los proyectos
- Comunicación y difusión de los resultados de los proyectos

En todos estos aspectos, se han tenido en cuenta los resultados del proceso de mejora del procedimiento de gestión PG.IX.01 “Gestión del Plan de I+D del CSN”,

iniciado a principios de 2014 a instancias del Pleno, con vistas a redefinir dicho documento de manera que se optimizaran y monitorizaran los beneficios (retornos) asociados a los proyectos de I+D y la información al Pleno sobre los mismos.

Los retos asociados a la seguridad nuclear y protección radiológica y, en particular, en lo relativo al conocimiento técnico y científico necesario para el regulador, han sufrido importantes cambios en los últimos tiempos debido, por un lado, a las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima, que seguirán marcando buena parte de las prioridades en este tema en los próximos años, y a otros aspectos que se derivan de la evolución de los conocimientos científicos y tecnológicos en estos campos, así como, la cada vez más presente y necesaria cooperación a nivel nacional e internacional en lo referente a I+D. Por ello, también es previsible que, a medida que se afrontan los actuales retos, se vayan generando nuevas lagunas de conocimiento que puedan requerir un cierto reajuste de las prioridades de la I+D del CSN.

Teniendo en cuenta lo anterior, el contenido técnico del Plan se formula a un nivel suficientemente general, con el fin de facilitar su vigencia durante el periodo previsto de cinco años. Sin embargo, si las circunstancias plantearan la conveniencia de una modificación sustancial del Plan, o se apreciaran defectos que fuera preciso corregir, se procedería a su actualización como se indica en el procedimiento de gestión PG.IX.01 anteriormente mencionado.

Como se ha dicho anteriormente, el marco legal y de planificación estratégica del CSN incluye las actividades de I+D. Así, a la hora de elaborar este Plan de I+D se ha tenido en cuenta el contenido de los siguientes documentos, que se listan en el apartado de referencias:

- Ley de Energía Nuclear [1]
- Ley de Creación del CSN [2]
- Estatuto del CSN [3]
- Plan estratégico del CSN [4]
- Plan de I+D anterior (aplicable al período 2012-2015) [5]
- Procedimiento de gestión PG.IX.01 [6]
- Informe de Grupo SAREF (Senior Expert Group on Research Opportunities after Fukushima Accident) [7].



## **II. Objetivos de las actividades de I+D del CSN**

El Preámbulo de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, destaca la necesidad de reforzar la eficacia de este organismo. La eficacia es la capacidad de conseguir los máximos niveles de seguridad nuclear y radiológica en todas aquellas actividades en las que se utilizan radiaciones ionizantes y debe entenderse en tres dimensiones: reguladora, del capital humano y del sistema de gestión.

Para ello, se debe promover el desarrollo de la capacidad reguladora en todas sus dimensiones: normativa, autorización y licenciamiento, supervisión y control, sanción, etc. Respecto al capital humano es fundamental entre otros aspectos la consecución de la excelencia técnica y la gestión del conocimiento. Por último, la actividad de I+D debe contribuir a la promoción del sistema de gestión, dado el apoyo que presta como integrador de los procesos internos relacionados con la propia actividad reguladora de seguridad nuclear y radiológica, así como de los procesos relativos a la gestión de calidad, los sistemas de información y la gestión económica-financiera.

La actividad de I+D en el CSN se debe entender como una herramienta relevante para alcanzar el objetivo único del CSN: la seguridad nuclear y radiológica.

En el artículo 2 p) de la Ley 15/1980, de 22 de abril, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear, se le asigna la función de:

*“Establecer y efectuar el seguimiento de planes de investigación en materia de seguridad nuclear y protección radiológica”.*

Esta función se desarrolla de una manera clara en el RD 1440/2010 de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del Consejo de Seguridad Nuclear, donde en el artículo 39 *“Funciones y estructura de las direcciones técnicas”*, se indica como responsabilidad de las mismas:

*“Proponer las normas técnicas y los proyectos de investigación necesarios para el mejor cumplimiento de sus funciones”.*

Es decir, la actividad de I+D del CSN debe enfocarse a las necesidades del CSN como regulador con el objeto de mejorar sus competencias y su desarrollo. Por ello, las líneas estratégicas de investigación contempladas en este plan de I+D (PID 2016-2020) se han definido por las DDTT teniendo en cuenta este criterio.

Dado que las funciones del CSN se reflejan en el Mapa de Procesos como procesos operativos, las líneas de investigación se han relacionado con uno o varios de los procesos así definidos, (Anexo I: Mapa de procesos del CSN; Anexo II: Líneas estratégicas de I+D propuestas por las DDTT).

Los objetivos de alto nivel que el CSN persigue con las actividades de I+D son los que se describen a continuación:

- A.- Contribuir a asegurar un alto nivel de seguridad nuclear, protección radiológica y seguridad física en las instalaciones nucleares y radiactivas existentes en España, así como en todas aquellas actividades que impliquen la exposición a radiaciones ionizantes.

En este sentido, las actividades de I+D deben estar encaminadas a facilitar y potenciar la actividad reguladora del CSN, así como garantizar la excelencia técnica en las materias de competencia del Consejo.

- B.- Mejorar la vigilancia y el control de la exposición de los trabajadores y del público a las radiaciones ionizantes.

Las actividades correspondientes a este objetivo incluyen la vigilancia y medida de la radiación en todas las fases de la vida de las instalaciones reguladas, las actividades laborales con presencia de radionucleidos naturales y la prevención y mitigación de los efectos de las condiciones anormales de operación y de accidente en las mismas. Así mismo incluye el conocimiento y la vigilancia de la calidad radiológica del medio ambiente en todo el territorio nacional fuera de la zona de influencia de las instalaciones, especialmente en las zonas contaminadas por industrias del pasado u otras causas, y la seguridad a largo plazo de la gestión de residuos.

- C.- Disponer, en el momento oportuno que sean requeridos, de los conocimientos y medios técnicos necesarios para apreciar los riesgos asociados a las instalaciones futuras, así como al funcionamiento de las existentes en condiciones de operación modificadas.

El cumplimiento de este objetivo requiere mantener una presencia adecuada en los programas de desarrollo de las nuevas tecnologías, especialmente las asociadas a instalaciones cuya construcción se prevé en España y mejorar la preparación para la gestión reguladora de la incorporación cada vez mayor de nuevas tecnologías (p.e. digitales) en las instalaciones existentes. En lo relativo a este punto se considera fundamental la participación en los foros nacionales e internacionales adecuados, como son las plataformas tecnológicas y foros internacionales tanto multilaterales como bilaterales.

El Plan incluye líneas de I+D derivadas de las facultades de colaboración con las autoridades competentes, que el artículo 2 letra h) de la Ley de Creación atribuye al CSN *“en relación con los programas de protección radiológica de las personas sometidas a procedimientos de diagnóstico o tratamiento médico con radiaciones ionizantes”*.

El Plan de I+D debe, además, ser un instrumento determinante para la implantación del modelo de gestión del conocimiento del CSN, así como facilitar y desarrollar la estrategia de formación en seguridad nuclear y protección radiológica.



**III. Referencias técnicas utilizadas  
para elaborar el  
Plan de I+D del CSN 2016-2020**

El contenido de este Plan de I+D ha tenido en cuenta la experiencia obtenida sobre el desarrollo del Plan anterior, así como los programas y prioridades de investigación de otras organizaciones que tienen objetivos e intereses similares a los del CSN.

### III.1. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PLAN DE I+D 2012-2015

Se ha elaborado un análisis del desarrollo del Plan de I+D 2012-2015, que fue revisado por el Pleno, y a partir del cual se han identificado aspectos de mejora que se han tenido en cuenta a la hora de elaborar el nuevo Plan. En particular, se han examinado, entre otros, los siguientes aspectos:

- Grado de cumplimiento con el contenido técnico del Plan, en términos de temas de investigación efectivamente abordados frente a las previsiones que se realizaron al confeccionar el Plan.
- Retornos técnicos obtenidos en los distintos tipos de proyectos, tanto internacionales como nacionales.
- Eficiencia de la inversión realizada por el CSN, medida como coste total de las actividades realizadas frente a la financiación aportada por el CSN.
- Evolución de los aspectos de gestión del Plan de I+D, incluyendo la validez de los nuevos procesos internos que se han implantado, en particular tras la revisión del procedimiento de gestión acometida en 2014.

### III.2. PROGRAMAS DE I+D DE OTRAS ORGANIZACIONES

Una de las características de la I+D sobre seguridad nuclear y protección radiológica es que tiene una fuerte componente de cooperación tanto a nivel nacional como a nivel internacional. Por ello, en la elaboración de este Plan se han tenido en cuenta como un aspecto fundamental las actividades y prioridades de los programas de I+D de diferentes entidades: organismos reguladores, entidades y plataformas tecnológicas y entidades internacionales relevantes en la I+D en aspectos de interés para el CSN. Cara a la definición de las líneas técnicas estratégicas de I+D, que constituyen el aspecto central del Plan, se ha tenido oportunidad de analizar abundante información de numerosas entidades. Se indican a continuación las más relevantes de las que se han tenido en cuenta:

Actividades y planes de I+D de otros reguladores y/u organizaciones de apoyo técnico:

- US Nuclear Regulatory Commission (NRC, USA)
- Swedish Radiation Safety Authority (SSM, Suecia)
- Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN, Francia)

Actividades de I+D de entidades públicas y privadas internacionales relevantes en I+D nuclear y radiológica:

- Electric Power Research Institute (EPRI, USA)
- National Nuclear Laboratory (NNL, UK)
- Japan Atomic Energy Agency (JAEA, Japón)
- National Institutes of Health (NIH, USA)

Agendas estratégicas de I+D de plataformas tecnológicas y científicas diversas:

- Plataforma europea de investigación en efectos de las bajas dosis (MELODI)
- Plataforma europea de radioecología (ALLIANCE)
- Plataforma europea de dosimetría (EURADOS)
- Plataforma europea de investigación en emergencias radiológicas y nucleares (NERIS)
- Proyecto europeo EJP-CONCERT
- Plataforma europea sobre energía nuclear sostenible (SNETP)
- Plataforma tecnológica española sobre energía de fisión (CEIDEN)
- Plataforma española de investigación en protección radiológica (PEPRI)

Entidades Internacionales:

- Agencia para la Energía Nuclear (AEN) de la OCDE (NEA por su acrónimo en inglés)
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA)
- Unión Europea (UE). En particular, el programa Euratom-Horizonte 2020

### III.3. ACTIVIDADES DERIVADAS DEL ACCIDENTE DE FUKUSHIMA

El anterior Plan de I+D 2012-2015 vino muy marcado, como no podía ser de otra manera, por el impacto del accidente en la central de Fukushima Dai-ichi en las actividades de los organismos reguladores, en particular las lecciones aprendidas del mismo, los nuevos requisitos emitidos como consecuencia y las necesidades de I+D que todo esto planteaba. En la actualidad, estos aspectos ya se han integrado de alguna manera en las actividades normales de los organismos reguladores y la industria nuclear en general, si bien es innegable que en los próximos años buena parte de las actividades de I+D en el sector nuclear vendrán muy influenciadas por las consecuencias del accidente de Fukushima. Adicionalmente, se han tenido en cuenta las conclusiones (aún provisionales, en el momento de elaborar este Plan) de un informe elaborado por la NEA (Grupo SAREF, ver Ref. 7), en estrecha colaboración con las principales entidades japonesas implicadas en la regula-

ción e I+D nuclear, sobre oportunidades diversas de I+D que se abren tras este accidente, en particular vinculadas a las actividades de desmantelamiento de la instalación accidentada que se desarrollarán en las próximas décadas.

## **IV. Programas de Investigación y Desarrollo**

El Plan incluye las líneas de investigación que se han considerado estratégicas respecto de los objetivos que se han definido y que configuran el marco de referencia para las actividades de I+D del CSN durante la vigencia del mismo. Dentro de cada línea de investigación se definen las áreas concretas de investigación que las desarrollan.

En un anexo al Plan se incluyen unas tablas con un listado resumido de las líneas estratégicas y de las áreas de investigación ordenadas de acuerdo con los diversos procesos que el CSN tiene desarrollados en su Sistema de Gestión.

#### **IV.1. LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE I+D DENTRO DEL ÁMBITO DE LA SEGURIDAD NUCLEAR**

##### **IV.1.1. Métodos y herramientas de análisis y simulación. Códigos de simulación de incendios**

Este ámbito se ha venido desarrollando en el CSN desde su inicio. La evolución de los códigos utilizados en los análisis de seguridad permite cada vez análisis más precisos y detallados, integrando los aspectos termohidráulicos y neutrónicos con los estructurales o con los de comportamiento de la varilla del combustible, identificando además distintos escenarios.

En esta línea se enmarcan las siguientes áreas de investigación:

- Programas termohidráulicos experimentales, verificación/validación y desarrollo de herramientas de simulación.
- Desarrollo de modelos de MELCOR de apoyo a los APS Nivel 1 y Nivel 2.
- Utilización de códigos CFD (“Computational Fluid Dynamics”), de acuerdo con la tendencia internacional actual.
- Validación de códigos de cálculo de quemado de combustible. Mejora de las librerías de datos nucleares en los nuevos rangos de quemado más elevados.
- Métodos y herramientas de análisis y simulación de accidentes severos.
- Técnicas y códigos de simulación de incendios para diversos escenarios y con diferentes orígenes de incendio (modelos de dinámica de fluidos computacional FDS (“Fire Dynamics Simulator”).

La utilización por el regulador de los códigos de cálculo para los análisis de seguridad requiere disponer de una capacidad técnica apropiada, incluyendo en algunos casos capacidad de cálculo propia. Por ello, el CSN deberá continuar manteniendo una presencia activa en la investigación a escala internacional, añadiendo

los desarrollos que sean necesarios a escala nacional para la particularización de los resultados a las centrales nucleares españolas.

Todo ello es aplicable en el campo de la termohidráulica, tanto en condiciones de operación a potencia como en parada, donde se requiere todavía de modelación y de validación de fenómenos muy locales o de alta complejidad. Por ello, se debe continuar la participación en los proyectos experimentales, generalmente de carácter internacional, que proporcionan la información y capacidades necesarias para esta validación.

El uso de códigos CFD (“Computational Fluid Dynamics”) es una tendencia al alza, tanto para resolver defectos de las herramientas actuales como para expandir los márgenes de operación disponibles, y abordar así la posible disminución de dichos márgenes causada por el envejecimiento de las plantas o por modificaciones de diseño. Por ello se considera necesario seguir la evolución de su desarrollo. Tanto en el terreno de la termohidráulica en general, como de los códigos CFD en particular, se busca mantener los recursos que permitan optimizar las aplicaciones de estos códigos de cálculo, tanto en el propio CSN como en centros de investigación nacionales, universidades y empresas.

En los últimos años se ha realizado un importante esfuerzo de desarrollo de métodos de simulación relacionados con la propagación de incendios. Deberán continuarse los trabajos que se han venido realizando sobre el uso de herramientas fiables de modelización del crecimiento y la propagación del incendio, así como de la propagación del humo y el calor, para poder predecir las consecuencias de un fuego en una instalación nuclear, de manera que se aborden nuevos escenarios, incluidos aquellos que tienen su origen en el exterior de la instalación.

#### **IV.1.2. Metodologías de análisis de seguridad**

Como áreas de investigación prioritarias en este ámbito, se sugieren las siguientes:

- Desarrollo y validación de metodologías de análisis de seguridad realistas. Técnicas de cuantificación de márgenes de seguridad y de sus incertidumbres, combinando métodos probabilistas y deterministas.
- Desarrollo de nuevas capacidades y actualización de los modelos de APS.
- Factores humanos y organizativos: Actualización de los análisis de fiabilidad humana en los APS.
- Comportamiento humano y factores humanos y organizativos, en condiciones accidentales.
- Gestión informada por el riesgo. Aplicaciones de análisis probabilistas de seguridad.

La evolución de las metodologías de análisis de seguridad hacia un realismo cada vez mayor, como las que ya se han ido evaluando en el CSN, se continuarán aplicando y cada vez hacia nuevas variables de seguridad. El uso en actividades de licencia de los códigos realistas (“best estimate”) requiere el desarrollo de complejas técnicas de análisis de incertidumbres. En la actualidad una de las líneas de I+D internacional se enfoca al desarrollo de estas metodologías y su validación, por lo que deberá mantenerse la participación del CSN en estas actividades.

Las metodologías de cuantificación del margen de seguridad y de su incertidumbre, que combinan métodos probabilistas y deterministas, están actualmente en pleno desarrollo, gracias a actividades internacionales de I+D en las que el CSN ha venido colaborando de forma destacada y en las que se debe seguir participando.

En cuanto a los factores humanos, se han iniciado acciones para considerar de forma más adecuada esta variable en los APS y para conocer mejor los efectos de la organización y culturales en la seguridad de las instalaciones nucleares.

#### **IV.1.3. Operación, almacenamiento y transporte del combustible y gestión del combustible gastado**

Como áreas de investigación se indican las siguientes:

- Comportamiento del combustible nuclear en los diversos modos de operación (normal, transitorios y accidentes) y, en especial, el del combustible sometido a alto quemado.
- Condiciones de seguridad para el almacenamiento en seco (a corto y largo plazo) y transporte del combustible irradiado. Comportamiento mecánico de los materiales de vaina irradiados del combustible sometido a alto quemado (comportamiento del hidrógeno).
- Seguimiento de la investigación internacional para el almacenamiento geológico profundo.

La investigación sobre combustible nuclear del CSN debe continuar las líneas de I+D iniciadas en la última década, centradas en conocer el comportamiento del combustible con alto quemado en las diferentes condiciones de operación de la central, y en profundizar en el conocimiento de las condiciones adecuadas para el almacenamiento en seco y transporte del combustible irradiado.

A estos efectos, se prevé mantener la participación en los proyectos internacionales sobre el comportamiento del combustible en condiciones de accidente, particularmente en el escenario de accidente de inserción de reactividad (proyectos CABRI de la NEA y ALPS de JAEA), y de accidente con pérdida de refrigerante (proyectos SCIP y HALDEN de la NEA).



También, como se ha venido haciendo hasta la fecha, se buscarán las colaboraciones nacionales en este terreno que sean adecuadas para extraer el mayor retorno técnico posible de estos proyectos.

Actualmente se está participando en proyectos nacionales e internacionales que profundizan en el conocimiento del papel que juega el hidrógeno en el comportamiento mecánico de los materiales de vaina irradiados, tanto durante la operación en reactor como en las condiciones posteriores de almacenamiento y transporte, y se estimulará la colaboración y el intercambio de información con otros organismos reguladores en este campo.

De particular importancia en los próximos años serán los programas de investigación sobre el almacenamiento en seco de combustible irradiado a largo plazo. Se continuará con el seguimiento y participación del CSN en las iniciativas tanto de la industria (EPRI), como de organismos reguladores y/o organizaciones de apoyo técnico (USNRC, GRS, USDOE) y de organizaciones internacionales (NEA, OIEA). En este terreno, puede ser muy relevante la disponibilidad cada vez mayor de sensores avanzados de bajo coste y reducido tamaño, sin necesidad de cableado, que puede permitir vigilar y controlar fenómenos y variables del almacenamiento de una manera mucho más precisa que en la actualidad. Estas nuevas tecnologías, que tienen muy diversas aplicaciones, deben tener un impacto notable en la operación y el análisis de seguridad.

#### IV.1.4. Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento

Como áreas de investigación dentro de este campo se consideran de interés las siguientes:

- Mecanismos de degradación de los materiales metálicos y estructurales, por la exposición a alta irradiación.
- Mecanismos de degradación asociados a la corrosión bajo tensión en todos los medios.
- Incertidumbres asociadas al mecanismo de degradación de fatiga teniendo en cuenta el factor ambiental.
- Incertidumbres de los procesos de calificación ambiental de cables siguiendo la normativa aplicable.
- Efectos de la irradiación y de la temperatura en hormigones estructurales.

En este ámbito interesa profundizar en el conocimiento de los mecanismos de degradación de los materiales metálicos y estructurales, como los derivados de los efectos de la irradiación o la corrosión bajo tensión en todas sus formas y medios. Estos aspectos resultan claves para definir los programas de gestión de vida de las centrales. Es necesario continuar participando en los proyectos

internacionales de investigación sobre estos temas, planteando iniciativas que permitan abordar aspectos de aplicación directa a la situación de las centrales españolas.

La fatiga de los materiales producida por los esfuerzos alternantes, térmicos y mecánicos a la que están expuestos, es un fenómeno de envejecimiento ampliamente conocido y convenientemente analizado y considerado en el diseño de los equipos. Sin embargo, múltiples ensayos de fatiga llevados a cabo en condiciones simuladas de operación de los reactores tipo LWR, han puesto de manifiesto que la resistencia a la fatiga de un material en medio acuoso es menor a la obtenida en aire, que es en la condición en la que se realizó la evaluación de fatiga en el diseño de los componentes de la barrera de presión del circuito primario según el código ASME III. No obstante, los conservadurismos introducidos en los cálculos originales pueden englobar el efecto del ambiente en la resistencia a la fatiga de los materiales durante la vida de diseño de la central. Sin embargo, sí que podría ser un factor importante en las extensiones de operación a largo plazo, por lo que se considera necesario el análisis de los efectos del ambiente en el comportamiento a fatiga de los materiales afectados y la definición de metodologías de cálculo que permitan estimar el tiempo de operación adicional con garantías de integridad de dichos componentes expuestos a este mecanismo.

Como resultado de varios programas internacionales de investigación sobre el envejecimiento y calificación ambiental de los cables, se ha puesto de manifiesto la existencia de una serie de aspectos (incertidumbres) de los procesos de calificación ambiental de cables que ponen en duda la validez de la vida calificada obtenida en base a los mismos. Como consecuencia de ello, a nivel internacional se han lanzado diferentes programas de investigación para investigar el comportamiento de los polímeros de aislamiento de cables e investigación de técnicas de “condition monitoring” con vistas fundamentalmente a la operación a largo plazo de las centrales (OLP). En España se está iniciando un proyecto para la investigación de técnicas de vigilancia de estado de los cables eléctricos basados en ensayos que intentan limitar el efecto de las incertidumbres antes indicadas con vistas a la OLP.

Los efectos que la irradiación y la temperatura ejercen sobre las estructuras de hormigón de las centrales nucleares están estudiados a nivel de laboratorio, pero no a nivel de estructuras reales sometidas a esas condiciones. La promoción y participación en proyectos de I+D en los que se ensayen estas estructuras, como es el caso de la Central Nuclear José Cabrera, permitirá determinar tales efectos con menores incertidumbres y diseñar programas de gestión más reales.

#### IV.1.5. Comportamiento frente a condiciones más allá de la base de diseño (incluidos accidentes severos)

Como áreas de investigación se han planteado las siguientes:

- Robustez de los sistemas eléctricos ante la ocurrencia de situaciones accidentales no previstas en su diseño.
- Riesgos derivados de sucesos externos (sismos y ocurrencia de tornados).
- Programas experimentales en temas de accidente severo (promovidos por CSNI de la NEA). Continuar con la investigación relacionada con los accidentes severos y fenomenología de accidentes severos.

La investigación relacionada con los accidentes severos viene desarrollándose desde los inicios del CSN y de manera ininterrumpida, junto con las organizaciones españolas que han trabajado en este campo.

Se necesita mantener este esfuerzo investigador para continuar con los desarrollos ligados a la fenomenología involucrada, con escenarios que evalúen la refrigerabilidad del núcleo fundido, la química de los productos de fisión y su comportamiento en el primario y en la contención, la acumulación de hidrógeno y su deflagración, entre otros. Las lecciones aprendidas del accidente de Fukushima contribuyen a poner de manifiesto esta situación y los resultados que se obtengan contribuirán a actualizar las bases técnicas de las Guías de Gestión de Accidente Severo y su relación con los Procedimientos de Operación de Emergencia, así como la posible implantación de nuevos sistemas de mitigación o la mejora de los existentes.

A raíz del accidente de Fukushima, también se ha abierto una nueva línea de investigación dirigida a conocer el comportamiento de las piscinas de combustible en condiciones de accidente severo y mejorar la instrumentación de vigilancia asociada requerida. Se podrán desarrollar trabajos destinados a evaluar el daño que se produce en el combustible almacenado bajo distintos escenarios accidentales, cuál es la progresión del accidente y determinar sus consecuencias, en particular el término fuente asociado.

La evidencia proporcionada por el accidente de Fukushima-Daichii obliga a considerar la necesidad de reevaluar la importancia de los riesgos externos extremos. En este ámbito será preciso revisar los métodos de caracterización de riesgos debidos a terremotos, inundaciones, por ocurrencia de vientos fuertes, tornados y otros similares, además de desarrollar metodologías avanzadas de análisis para la determinación de los efectos de cada uno de estos posibles eventos en las estructuras y sistemas de las instalaciones nucleares. Ya se han iniciado actividades de I+D sobre estos temas, impulsadas tanto por la industria como por otros organis-

mos reguladores o instituciones internacionales, debiendo el CSN realizar un seguimiento y analizar la conveniencia de su participación.

Esta línea estratégica está relacionada con la IV.2.8 de protección radiológica.

#### **IV.1.6. La seguridad en los sistemas socio-técnicos (tecnología, persona y organización)**

Como área de investigación prioritaria se ha identificado la siguiente:

- Influencia de los sistemas socio-técnicos en la seguridad. Impacto de la organización y gestión de los titulares en la seguridad de las instalaciones nucleares.

En el terreno de la fiabilidad humana y del impacto de las organizaciones en la seguridad, es preciso continuar con el desarrollo de modelos avanzados para el cálculo de la probabilidad de fallo de acciones humanas en tareas de mantenimiento y de operación en sala de control, así como la incorporación de modelos organizativos. Con este desarrollo se espera poder evaluar mejor la importancia relativa del contexto tecnológico en los fallos.

#### **IV.1.7. Experiencia operativa: Bases de datos**

En este ámbito se destacan las siguientes áreas de investigación:

- Desarrollo de bases de datos y colaboración en análisis de experiencia en incendios.
- Utilización y desarrollo de bases de datos internacionales.
- Métodos y herramientas de apoyo a los análisis de experiencia operativa.

En este campo se trata de intercambiar información sobre experiencia operativa con otros reguladores nucleares e instituciones implicadas, de manera que se pueda trasladar esa experiencia al trabajo que se hace en España. El acceso a la información contenida en bases de datos es fundamental y, además, resulta clave desarrollar métodos de análisis que permitan valoraciones independientes y fiables de las consecuencias de los sucesos que hayan ido ocurriendo en el parque nuclear mundial.

#### **IV.1.8. Métodos y herramientas de apoyo en emergencias (análisis, diagnosis y prognosis de situaciones de emergencia)**

Como área de investigación se ha considerado:

- Utilización del APS como ayuda para el seguimiento de emergencias.

El APS ha servido como instrumento para conocer las vulnerabilidades del diseño y la determinación de la frecuencia de daño al núcleo ante determina-

dos escenarios previamente analizados. Su utilización en la toma de decisiones durante las emergencias puede suponer una herramienta útil para identificar las mejores opciones.

Esta línea estratégica está relacionada con la IV.2.9 de protección radiológica.

## **IV.2. LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE I+D DENTRO DEL ÁMBITO DE LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA**

### **IV.2.1. Detección y medida: metrología y dosimetría**

Como áreas de investigación se han planteado las siguientes:

- Dosimetría interna: actualización de las capacidades relativas a las técnicas ya disponibles (dosimetría mediante bioensayos, ...)
- Dosimetría externa: incorporación de nuevos desarrollos y tecnologías (p.e., dosimetría OSL, dosimetría electrónica, teledosimetría, etc.) y mejorar las técnicas de dosimetría neutrónica.

Se considera necesario mantener las capacidades del sistema en este ámbito, mejorando aspectos concretos relativos tanto a la dosimetría interna como a la externa, mediante la incorporación de nuevos desarrollos y tecnologías, como son la dosimetría OSL, dosimetría electrónica, la teledosimetría, y otras técnicas mejoradas. También es importante la actualización de las capacidades relativas a técnicas ya disponibles, como es el caso de la dosimetría mediante bioensayos y otras ya desarrolladas.

### **IV.2.2. Protección radiológica en situaciones de exposición planificada (protección radiológica ocupacional)**

Como área de investigación prioritaria se ha identificado la siguiente:

- Estudios encaminados a garantizar la aplicación de los nuevos límites de dosis a cristalino en trabajadores de todo tipo de instalaciones y trabajos con riesgo.

Esta actividad está orientada a facilitar la aplicación de la nueva Directiva 2013/59/EURATOM, por la que se establecen normas de seguridad básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes. En concreto, se deben desarrollar trabajos destinados a garantizar una aplicación efectiva de este nuevo límite de dosis para los trabajadores expuestos.

### **IV.2.3. Protección del público y del medioambiente. Desmantelamiento de instalaciones**

Como áreas de investigación se han destacado las siguientes:

- Fukushima: actividades de I+D relacionadas con las medidas de protección radiológica para la realización de actuaciones de mitigación y recuperación, y con la evaluación de impacto radiológico.
- Optimización de las técnicas de medida y los métodos de caracterización radiológica con vistas a la rehabilitación de terrenos y zonas contaminadas.

Las consecuencias radiológicas del accidente de la central de Fukushima han dado lugar a diferentes actividades de I+D relacionadas con las medidas de protección radiológica para posibles actuaciones de mitigación y recuperación, y con la evaluación de impacto en el exterior. También se pueden abordar actuaciones relacionadas con la tecnología necesaria para optimizar los procesos de desmantelamiento de las instalaciones, así como con las técnicas de medida y los métodos de caracterización radiológica con vistas a la rehabilitación de zonas contaminadas. En este mismo ámbito se pueden potenciar actuaciones relativas al control de la exposición proveniente de emplazamientos en los que han estado operando instalaciones nucleares o radiactivas.

### **IV.2.4. Situaciones de exposición existente**

Como áreas de investigación dentro de este campo de radiación natural se han indicado las siguientes:

- Materiales de construcción: estudios encaminados a garantizar la aplicación de las limitaciones relativas a la emisión de radiación gamma y a la exhalación de radón de los materiales de construcción.
- Radón: estudio de la incidencia de los nuevos requisitos sobre el control de la exposición al radón en viviendas, lugares de trabajo y edificios con acceso público y desarrollo de sistemas de medida acordes con los requisitos a establecer en el código técnico de edificación.
- Industrias NORM (“Naturally Occurring Radioactive Materials”): desarrollo de soluciones para la gestión convencional de residuos NORM.
- Caracterización y rehabilitación de terrenos contaminados.

Como área de investigación ya iniciada anteriormente y relacionada con las citadas más arriba, se menciona el control de los materiales de construcción por contener elementos radiactivos de origen natural.

Se mantendrá como área de trabajo ya iniciada el riesgo de inhalación de radón considerando los requisitos establecidos en la nueva directiva europea que obliga a considerar este riesgo a la exposición de las radiaciones ionizantes. La incidencia de los nuevos valores de concentración de radón en viviendas y edificios con acceso público y la necesidad de desarrollar un plan de actuación sobre radón ajustándose a las particularidades nacionales justifican seguir trabajando en este área. Ello requerirá continuar avanzando en la caracterización de la situación nacional en este terreno y en el desarrollo de sistemas de medida acordes con los requisitos a establecer en el código técnico de edificación.

En cuanto a las industrias en las que se opera con radionucleidos de origen natural, se deben mantener abiertas las opciones de realizar estudios sobre desclasificación de materiales, y desarrollo de soluciones de gestión para residuos NORM (“Naturally Occurring Radioactive Materials”).

#### **IV.2.5. Radiobiología**

Como áreas de investigación en las que se prevé desarrollar trabajos de I+D se mencionan las siguientes:

- Efectos de las dosis y tasas de dosis de radiación en la carcinogénesis y otros efectos como cataratas y enfermedades cardiovasculares.
- Entender el impacto potencial de la susceptibilidad individual de riesgo de la radiación.

La forma en que se producen los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes y cómo evitarlos, sigue estando en la base de los conocimientos para llevar a cabo la protección radiológica.

En la actualidad sigue siendo necesaria la investigación en este campo, siendo uno de los grandes retos en radiobiología mejorar el conocimiento de las bases genético-moleculares de la respuesta celular a las exposiciones con bajas dosis de radiación ionizante, a fin de establecer de forma algo más precisa el riesgo real asociado, así como tratar de identificar las posibles diferencias en la respuesta a las radiaciones en función de las características individuales (sensibilidad individual a las radiaciones).

Igualmente, la dosimetría biológica, basada en el conocimiento de la relación dosis-respuesta de determinados biomarcadores, constituye una herramienta fundamental en la estimación de las dosis que haya podido recibir una persona, en situaciones en las que se haya producido una exposición en ausencia de dosimetría física. Por ello, se considera de interés seguir avanzando en su desarrollo.

#### **IV.2.6. Protección radiológica del paciente**

Este aspecto debe entenderse como apoyo a la función encomendada al CSN de colaboración con las autoridades sanitarias en esta materia.

Como áreas de investigación se apuntan las siguientes:

- Determinación del daño por radiación (véase el apartado anterior). El apartado anterior (IV.2.5.) se refiere al impacto de la radiación en general y muy a menudo a bajas dosis. Los conocimientos que se puedan obtener podrían aplicarse a la protección del paciente, si bien no son su finalidad principal.
- Análisis de riesgo mediante la utilización de matrices de riesgo.
- Mejorar la medición/estimación de dosis ocupacionales en radiología intervencionista (relacionado con el apartado IV.2.2. Protección radiológica en situaciones de exposición planificada (protección radiológica ocupacional)).

El CSN colaborará con las autoridades sanitarias en la protección radiológica de los pacientes sometidos a exposiciones de carácter médico. Concretamente, el CSN colaborará con las autoridades sanitarias en las tareas derivadas de aplicación de la nueva directiva de Protección Radiológica, tales como facilitar métodos para la evaluación de riesgo y accidentes en radioterapia y apoyar en la realización de estudios que den fundamento al establecimiento de niveles de referencia.

En cualquier caso, las actividades de I+D abordadas por el CSN en esta materia lo serán en el marco de las directrices y prioridades definidas por las autoridades competentes en este campo.

#### **IV.2.7. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento**

Como áreas prioritarias de investigación se apuntan las siguientes:

- Identificación y estudio de compuestos y elementos químicos no radiactivos que pueden tener influencia en el comportamiento de los bultos de residuos radiactivos en su almacenamiento definitivo.
- Desarrollo de metodologías para la evaluación de la seguridad a largo plazo de los almacenamientos y estudio de los mecanismos de comportamiento de los radionucleidos en los emplazamientos específicos de almacenamiento.
- Desarrollo de criterios para la aceptación tanto de nuevas matrices para la inmovilización de residuos como de residuos sin acondicionamiento previo.



Los estudios encaminados a identificar la influencia de los compuestos y elementos químicos no radiactivos en el comportamiento de los bultos de residuos, podrían contribuir a la seguridad de su almacenamiento definitivo.

Así mismo, se ha identificado la necesidad de desarrollar metodologías para la evaluación de la seguridad a largo plazo de los almacenamientos, criterios para la aceptación tanto de nuevas matrices para la inmovilización de residuos como de residuos sin acondicionamiento previo (como en el caso de grandes piezas, los generadores de vapor, etc.), y estudiar los mecanismos de comportamiento de los radionucleidos en los emplazamientos específicos de almacenamiento.

#### **IV.2.8. Liberación de radionucleidos en accidentes severos**

Como áreas prioritarias de investigación están las siguientes:

- Desarrollo y mejora de códigos de cálculo del término fuente. Estimación de las tasas de dosis en el interior (en los diferentes cubículos o zonas) y en el exterior (relacionado con Fukushima).
- Recopilación y análisis de datos experimentales que permitan el desarrollo y la validación de los modelos contenidos en códigos de cálculo.

Para la actuación correcta en el caso hipotético de un accidente es necesario desarrollar códigos que permitan la valoración de las dosis sin necesidad de disponer de medidas directas, y en función de la evolución del fenómeno poder prever la mejor estrategia a seguir.

En este sentido se requiere participar en proyectos que recopilen datos y desarrollen modelos y códigos de cálculo.

Esta línea estratégica está relacionada con la IV.1.5 de seguridad nuclear.

#### **IV.2.9. Gestión de emergencias**

Se plantean las siguientes áreas de investigación como prioritarias:

- Estrategias de monitorización: desarrollo de sistemas remotos automatizados de monitorización de las instalaciones y las áreas afectadas, que permitan el uso informado de los sistemas y herramientas de los centros de emergencia.
- Mejora de los planes de emergencia nuclear. Optimización de las medidas de protección a partir del estudio de la eficacia de las mismas y del tiempo necesario para su implantación, de forma individualizada y adaptada a las condiciones reales de los emplazamientos.
- Gestión de la fase de recuperación post-accidente (ver apartado IV.2.3).
- Preparación de la estrategia de respuesta ante emergencias.

La gestión de emergencias requiere una serie de metodologías y herramientas específicas necesarias para la recogida de información, su evaluación y la toma de decisiones de forma rápida y eficaz.

Asimismo se deben incorporar sistemas remotos automatizados aplicables en la monitorización y operación de sistemas y herramientas de los centros de operación de emergencia, de las propias instalaciones o de las áreas afectadas. De forma general, se busca avanzar en el desarrollo de modelos y herramientas diversas de apoyo a la toma de decisiones.

Otro campo de interés es la mejora de los planes de emergencia nuclear. El objetivo que se persigue es la optimización de las medidas de protección a partir del estudio de la eficacia de las mismas y del tiempo necesario para su implantación, de forma individualizada y adaptada a las condiciones reales de los emplazamientos. Para ello, se trataría de desarrollar herramientas para analizar en los emplazamientos de las instalaciones nucleares, considerando el contexto social y de infraestructuras específico del que se parte, los tiempos necesarios para realizar la evacuación, tiempos en implantar efectivamente el confinamiento y la profilaxis, junto con otras medidas que se puedan barajar.

Esta línea estratégica está relacionada con la IV.1.8 de seguridad nuclear.

#### **IV.2.10. Seguridad física**

Se han identificado las siguientes áreas prioritarias de investigación:

- Estudio de nuevas técnicas para la detección de materiales nucleares y radiactivos, apropiadas según las diversas condiciones en que se realizara la vigilancia (en fronteras, sean marítimas, terrestres o en aeropuertos, en grandes concentraciones de masas o actos públicos de gran relevancia, etc.).
- Desarrollo de técnicas y análisis forenses nucleares (aplicables a la investigación de escenarios de crímenes radiológicos).
- Análisis de retos en el ámbito de la ciberseguridad y desarrollo de estrategias y técnicas de protección frente a ellos.

Ante todo se trata de actuar desde la prevención, considerando nuevas técnicas que permitan reducir las vulnerabilidades existentes. Además, se abre el ámbito de la seguridad informática como línea de acción importante dado que las instalaciones nucleares son infraestructuras críticas.

#### **IV.2.11. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo relacionados con la protección radiológica**

Como área de investigación prioritaria se ha indicado la siguiente:

- Participación en programas internacionales de prestigio en este campo y que incluyan el desarrollo y la mejora de códigos de cálculo utilizados en el ámbito de las competencias del CSN.

Se trata de mantener el conocimiento y capacidades en lo que concierne a la aplicación de códigos de cálculo que permitan mejorar las evaluaciones en lo que afecta a la PR por parte del regulador nuclear. Se pretende estar al día en los códigos necesarios y realizar con la máxima calidad las evaluaciones e inspecciones que se llevan a cabo.



## **V. Gestión del Plan de Investigación y Desarrollo**

Es de destacar que el Procedimiento interno del CSN que regula este proceso (ver Ref. 6) ha sido recientemente revisado para optimizar diversos aspectos. Adicionalmente se han emitido una serie de nuevos procedimientos para desarrollar en mayor detalle algunos aspectos clave de la gestión del Plan, en particular en lo relativo a gestión de proyectos, evaluación individual de los mismos y seguimiento global de resultados de las actividades de I+D. La aplicación práctica de estos nuevos procedimientos será, a su vez, objeto de seguimiento y reflexión posterior, para definir posibles cambios o mejoras adicionales que, en su caso, pueda sugerir la experiencia.

Como resumen de los nuevos criterios definidos para la gestión de actividades de I+D, decir que se centran en: potenciar la definición y aprovechamiento de retornos (mejoras efectivas para la labor reguladora del CSN, que resulten de los proyectos); potenciar el enfoque colaborativo y la búsqueda de sinergias en el desarrollo de actividades de I+D; y potenciar y optimizar la información al Pleno y la supervisión por éste de las actividades de I+D.

A continuación se incluyen una serie de consideraciones de tipo general sobre aspectos relevantes a tener en cuenta en la gestión de las actividades que desarrolla el Plan de I+D.

## **V.1. COLABORACIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES**

Los proyectos de I+D en los que participa el CSN se realizan siempre en colaboración con otras organizaciones que tienen intereses técnicos comunes con el CSN, lo que se ha demostrado que contribuye a mejorar el contenido técnico de los proyectos y a hacer un uso más eficiente de los recursos humanos y económicos.

En este apartado se resumen las colaboraciones más importantes que el CSN tiene establecidas actualmente, y que se deberán mantener y potenciar dentro del alcance de este Plan.

### **V.1.1. Organizaciones nacionales de investigación**

El CSN viene manteniendo una colaboración con muy diversas entidades nacionales con actividades relevantes en aspectos de I+D relacionados con la seguridad nuclear y protección radiológica. La colaboración con estas entidades ha dado en general resultados satisfactorios y tiene la ventaja de que suele permitir ajustar muy bien el objeto del proyecto a las necesidades del CSN, si bien el aspecto relativo a generación de sinergias tiene margen de mejora. De esas entidades, cabe resaltar las siguientes, sin perjuicio de otras que pudieran plantearse:

- Las universidades españolas, de las que un número apreciable tienen actividad relevante en aspectos de I+D relacionados con las funciones del CSN, han venido siendo un elemento fundamental para el desarrollo de proyectos de interés para el CSN. Todo hace suponer que podrán seguir siéndolo en el futuro. Lo mismo cabe decir de las fundaciones dedicadas a la I+D, bien creadas por universidades u otras entidades (p.e., las del ámbito sanitario).
- Respecto a entidades españolas dedicadas específicamente a la I+D, y además del CIEMAT, que es un apoyo técnico natural del CSN y referencia para la I+D en una serie de campos de interés indicados en el Plan, existen otras entidades (normalmente públicas) altamente especializadas que también han venido colaborando con el CSN en el pasado a satisfacción de todas las partes, como serían entidades del CSIC (p. e., el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, el Centre de Reserça en Epidemiología Ambiental, etc.) y que en el futuro es de esperar que sigan existiendo posibilidades de colaboración en beneficio mutuo.
- Finalmente, existen otras entidades (empresas, públicas o privadas), con muy diversas especificidades que también han colaborado con el CSN, y que con la debida atención a las peculiaridades que pueda tener la colaboración con ellos también es de esperar que en el futuro siga habiendo temas de interés común.

Como un criterio general a aplicar en la colaboración futura con estas entidades nacionales estaría la conveniencia de que, en lo posible, se vaya a proyectos más colaborativos, con mayor número de participantes y por lo tanto mayores sinergias.

### V.1.2. Organizaciones internacionales

La participación del CSN en proyectos internacionales ha supuesto, en cuanto a número de proyectos y acuerdos, aproximadamente el 33% de las actividades de I+D (en cuanto a número de actividades) que se han realizado en el periodo 2012/2015, aunque su importancia técnica es claramente superior a esta cifra y también hay que indicar que, por su propia dinámica, los proyectos internacionales suelen producir muchas más sinergias que los nacionales y también que suelen abordar temas de mayor complejidad y que están más en la vanguardia del conocimiento. Las fuentes internacionales de colaboración más destacadas son las siguientes:

- Los proyectos de I+D coordinados por la Agencia para la Energía Nuclear (NEA) de la OCDE que dependen en su mayoría del Comité de Seguridad de las Instalaciones Nucleares (CSNI) de esta agencia. Los proyectos del

CSNI, todos ellos relacionados con la seguridad nuclear y con una fuerte (incluso, en muchos casos, exclusiva) componente experimental, son una fuente de información enormemente valiosa para las tareas del CSN y, sin duda, lo seguirán siendo en el futuro.

- El CSN mantiene tradicionalmente una colaboración estrecha con la USNRC en todos los campos, incluido el de las actividades de I+D. Además de los acuerdos generales de colaboración entre ambas organizaciones, se ha venido manteniendo una colaboración que permite disponer y participar en la mejora de códigos avanzados en diversas áreas como termohidráulica (programa CAMP), accidentes severos (programa CSARP), y recientemente se van a añadir también códigos de análisis radiológicos (programa RAMP). Estos programas permiten al CSN acceder a códigos de primera línea en esos temas y desarrollar conocimiento de experto sobre los mismos, por lo que resultan de la máxima importancia. También se continúa con la NRC colaborando en proyectos de I+D concretos, como actualmente ocurre con proyectos asociados a materiales (metálicos y hormigones) procedentes de la CN José Cabrera, siendo la experiencia de colaboración con la NRC en estos campos muy positiva.
- Adicionalmente, el CSN participa puntualmente en proyectos de I+D promovidos por otras entidades extranjeras, entre los que cabe destacar el programa ALPS de la Agencia de Energía Atómica Japonesa (JAEA), o el proyecto “Extended Storage Collaboration Program” (ESCP) coordinado por EPRI. Estas colaboraciones puntuales resultan también de interés.
- También resulta de interés la labor del OIEA en el campo de la I+D, aunque comparativamente con la de la NEA suele tener una menor componente de labor investigadora, pues los proyectos colaborativos (CRP) del OIEA suelen centrarse en compartir, con ciertos límites, información obtenida de diversos proyectos de I+D. En todo caso, resultará sin duda de interés continuar considerando la participación en los CRP que vaya a desarrollar el OIEA.
- Respecto a la Unión Europea, el CSN no ha participado hasta la fecha en las convocatorias que ha venido realizando la UE en los diversos programas marco y, actualmente, en el contexto del programa Horizonte 2020. En 2014 se consideró seriamente la posibilidad de que el CSN liderara un proyecto que se presentaría a una de las convocatorias de la UE, sin embargo al final no resultó posible por diversos motivos. Se considera interesante considerar en el futuro la posibilidad de esta participación, si bien para que ello sea efectivo se debe, por un lado, definir con suficiente tiempo un consorcio con otras entidades (españolas y europeas) potencialmente interesadas en un posible proyecto y, por otro lado, definir con



precisión el papel del CSN en dicho consorcio, dado que el CSN como tal no realiza labores de investigación pero sí podría realizar otras labores complementarias de un proyecto europeo de I+D, como serían coordinación, diseminación de resultados, etc.

### V.1.3. Industria nuclear

La colaboración con organizaciones de la industria, algunas de las cuales mantienen una relación de licencia con el CSN, impone algunas limitaciones a los temas de investigación que pueden incluirse en proyectos compartidos, con el fin de mantener la independencia de juicio del CSN en potenciales procesos de licencia posteriores sobre esos temas, así como para evitar que el CSN contribuya a realizar desarrollos que corresponden a la industria. Es de destacar, sin embargo, que la observancia de estas limitaciones no ha sido en el pasado un impedimento excesivo, como demuestra la multitud de proyectos internacionales de I+D en los que participan organismos reguladores, empresas eléctricas, centros de investigación y empresas de ingeniería, sin que este problema se plantee.

En los últimos tiempos, y desde luego a lo largo del último Plan de I+D 2012-2015, esa colaboración con los titulares ha disminuido de manera notable y se limita a proyectos puntuales que se identifican normalmente en el seno del CEIDEN. Con UNESA existe un acuerdo marco vigente sobre actividades conjuntas de I+D, que prácticamente no ha tenido actividad en los últimos años. Se podría decir que la actividad de los titulares de CCNN relativa a I+D se centra actualmente de manera casi exclusiva en su participación en EPRI. Sería bueno reflexionar sobre la posibilidad de recuperar una mayor colaboración con los titulares en materia de I+D o bien darle un nuevo enfoque a este asunto (distinto del actual acuerdo marco con UNESA).

No obstante lo anterior, las actividades conjuntas con los titulares de CCNN que se identifican de manera puntual en CEIDEN y que no solo incluyen a dichos titulares sino también eventualmente a otras entidades (como ENRESA, ENUSA, UNESA, ENSA, Empresarios Agrupados, GNF Engineering, TECNATOM, etc.), han arrojado resultados satisfactorios y se deberían continuar potenciando.

## V.2. PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS Y OTROS FOROS DE I+D

La participación del CSN en las Plataformas Tecnológicas de I+D sobre los temas de su responsabilidad es una actividad fundamental a la hora de fomentar la colaboración y búsqueda de sinergias entre entidades diversas, algo que se estima cada vez más importante y que debe considerarse como un objetivo fundamental de este Plan.

El CSN participa de forma activa en la Plataforma Tecnológica de investigación sobre energía nuclear de fisión (CEIDEN), y además ostenta la presidencia de la misma. Esta plataforma se ha consolidado como un instrumento muy valioso para las actividades de I+D del CSN y las otras entidades participantes y que, además, proporciona valor añadido en otros campos relacionados indirectamente con la I+D (como formación y la gestión del conocimiento). Actualmente, algunos de los proyectos más relevantes de la cartera de actividades de I+D del CSN se han originado en CEIDEN, que tiene en marcha una sistemática que permite y fomenta la identificación de temas de interés común entre los miembros y la definición y desarrollo, en su caso, de los proyectos de I+D correspondientes.

Las actividades de CEIDEN se centran (aunque no en exclusiva) en aspectos relacionados con la seguridad nuclear. En relación con actividades de I+D orientadas a la protección radiológica, se ha creado recientemente la Plataforma Tecnológica de investigación sobre protección radiológica (PEPRI) en la que el CSN participa. PEPRI en la actualidad está dando sus primeros pasos y está en proceso de definición de sus prioridades, sistemática de actividades, etc., pero se considera que en el futuro podrá ser un instrumento de suma utilidad para el desarrollo de la cooperación y búsqueda de sinergias en el desarrollo de proyectos de I+D en el campo de la protección radiológica. Adicionalmente, a nivel europeo existen diversas plataformas tecnológicas tanto en el campo de la tecnología nuclear (SNTP) como en diversos campos científicos relacionados con la protección radiológica (plataformas MELODI, ALLIANCE, EURADOS y NERIS).

A este respecto, hay que decir sobre la plataforma SNETP que el CSN no participa actualmente en la misma y posiblemente esa participación tuviera dificultades al poderse entender que la plataforma tiene una componente de apoyo a la energía nuclear, lo que sería impropio para el CSN. A través de CEIDEN se realiza un cierto seguimiento de las actividades de SNETP. No obstante, podría plantearse el realizar un seguimiento más estrecho de las actividades de la plataforma, así como de sus grupos asociados (en particular, NUGENIA), que incluyen numerosos temas de interés para las competencias del CSN.

Respecto a las plataformas científicas en temas diversos relacionados con protección radiológica (como las plataformas MELODI, ALLIANCE, EURADOS y NERIS, mencionadas anteriormente), el CSN ha participado, a través de un convenio con otras entidades, en la plataforma MELODI, en la que probablemente sea de interés continuar con esa vinculación. También el CSN ha apoyado en el pasado actividades puntuales de la plataforma NERIS. En general, el seguimiento de las actividades de las plataformas europeas relacionadas con protección radiológica puede proporcionar información útil para una mejor configuración y definición de los proyectos de I+D que el CSN se plantee rea-

lizar en esas áreas. Ese sería un tema a considerar y para el que PEPRI, al ser un punto de encuentro en el que coinciden las principales entidades españolas que participan en esas plataformas, podría ser de mucha utilidad.

Respecto a la participación en otros foros nacionales e internacionales de I+D, sería interesante plantearse esa posibilidad cuando se presente y caso por caso, con el objetivo de tener información sobre las necesidades, tendencias y prioridades identificadas por otros organismos que realizan investigación en el campo de la seguridad nuclear y la protección radiológica.

### **V.3. GESTIÓN DE LOS PROYECTOS DE I+D**

Los instrumentos jurídicos utilizados para la gestión de los proyectos de I+D están definidos en el procedimiento PG.IX.01 y son: subvenciones y convenios de colaboración.

Adicionalmente se podrán considerar otros instrumentos que permita el marco regulatorio aplicable.

#### **V.3.1. Convocatorias de concesión de subvenciones**

La experiencia adquirida en las últimas convocatorias de concesión de subvenciones a proyectos de I+D que el CSN realizó en el año 2009 y 2012, ha confirmado la validez de este instrumento de financiación de proyectos para cumplir con los objetivos técnicos y de otro tipo que se persiguen con la actividad de investigación del CSN, con las consideraciones que se indican en el procedimiento de gestión mencionado. La utilización de esta herramienta en el período cubierto por este Plan está, pues, totalmente abierta a los criterios de oportunidad y conveniencia que, en su caso, se decidieran por el Pleno y lógicamente sujeta a la disponibilidad de recursos económicos suficientes.

#### **V.3.2. Convenios de colaboración. Selección y priorización de proyectos a desarrollar en los mismos**

Adicionalmente a lo indicado en el párrafo anterior, existe otro mecanismo para la gestión de proyectos de I+D, como es el desarrollo de convenios de colaboración con otras entidades que puedan estar interesadas en desarrollar un determinado proyecto, previamente identificado y priorizado. Este instrumento ha sido en los últimos tiempos la principal herramienta para el desarrollo por el CSN de proyectos de I+D. El vigente procedimiento de gestión contempla al respecto unos criterios para selección y priorización de proyectos que, básicamente, son coherentes con la práctica que se viene siguiendo históricamente en las actividades de I+D que el CSN ha venido realizando, a los que se ha añadi-

do un especial énfasis en la búsqueda y optimización de los retornos asociados a dichos proyectos.

Los proyectos de I+D en los que participa el CSN tratan exclusivamente temas relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica. Cumplida esta condición de partida, y dentro de los límites establecidos por las asignaciones presupuestarias disponibles, la selección y priorización de los proyectos de I+D que inicia el CSN se basa de forma exclusiva en razonamientos técnicos, esencialmente basados en los retornos técnicos que se esperan del proyecto, la necesidad de abordar el tema concreto propuesto y su grado de aplicabilidad a las tareas reguladoras que realiza el CSN.

Adicionalmente, se debe valorar el impacto del proyecto sobre la formación y puesta al día de los conocimientos de los técnicos del CSN que participan en el mismo, y aspectos tales como la integración del proyecto en el conjunto de actividades de I+D del CSN en el área técnica de que se trate, grado de innovación que aporta el proyecto y contribución del mismo al desarrollo de capacidades técnicas de otras organizaciones nacionales.

### **V.3.3. Valoración y uso de los resultados de los proyectos**

En este aspecto hay que decir que uno de los objetivos de la revisión del procedimiento de gestión de I+D fue una mejor identificación y aprovechamiento de los retornos (beneficios para la actividad reguladora del CSN resultantes de los proyectos de I+D). Dicho objetivo es plenamente asumido por este Plan y en todos los proyectos que se generen dentro de su vigencia un aspecto fundamental será asegurar que los retornos para el CSN se identifican adecuadamente desde el inicio de los proyectos, que se optimizan durante la ejecución del mismo y que, tras su finalización, se verifica la adecuada gestión e integración de los mismos.

En los nuevos procedimientos elaborados recientemente para desarrollar en detalle la gestión del Plan de I+D, se incluyen actividades para desarrollar y documentar este aspecto. Los informes de verificación de retornos deben ser la herramienta que analice, resuma y documente los retornos específicos resultantes de cada proyecto. Se asume que esta sistemática está dando sus primeros pasos y que durante la vigencia del Plan deben consolidarse e introducirse las mejoras en la misma que la experiencia sugiera.

### **V.4. COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS DE LOS PROYECTOS**

La difusión de los resultados que se obtienen en los proyectos de I+D en los que participa el CSN es uno de los aspectos fundamentales asociados a los mismos, por varias razones:

Por un lado, la difusión interna de los resultados de cada proyecto, a todo el personal del CSN que pueda estar potencialmente interesado o concernido por los resultados del proyecto, es una actividad importante para materializar y consolidar uno de los retornos que normalmente cualquier proyecto de I+D debe proporcionar: mejoras en el conocimiento que posibiliten mejoras en la cualificación técnica y la eficiencia del cuerpo técnico del CSN.

Por otro lado la difusión, fuera del CSN, a otras entidades potencialmente interesadas y a los miembros de la comunidad científica que puedan estar concernidos, es también un objetivo de primer orden pues permite la mejora de la cooperación con otras entidades y la búsqueda de posibles sinergias en futuras actividades. También permite dotar de visibilidad a la labor del CSN en I+D y consolidar su posición en dicho contexto, lo que puede ser muy útil para la identificación de nuevas oportunidades de colaboración con entidades que puedan compartir alguno de los objetivos de la I+D del CSN.

A este respecto, se prevé potenciar la difusión y diseminación interna y externa de los proyectos de I+D con las siguientes actuaciones:

#### **Respecto a difusión interna**

Dicha difusión se centrará en las siguientes actividades:

- En cada proyecto, al menos a la finalización del mismo, se organizarán sesiones de difusión y explicación de los resultados al personal del CSN potencialmente interesado y/o afectado. En dichas sesiones participarán, según se determine, personal de las entidades investigadoras implicadas y también el personal técnico del CSN que ha realizado la coordinación y supervisión del proyecto.
- Adicionalmente, y dentro del ámbito de la mejora del proceso de gestión de la I+D realizada recientemente y que enlaza con la gestión del conocimiento, se prevé recopilar de manera sistemática la documentación generada por todos los proyectos de I+D del CSN (no solo los que se realicen durante la vigencia de este Plan, sino los anteriores cuya documentación estaba en muchos casos dispersa o poco accesible) y desarrollar una plataforma documental de I+D en la intranet que posibilite la sistematización, localización por los interesados y acceso a toda esa documentación. Esta mejora está en curso de desarrollo y se espera que esté plenamente operativa dentro del período cubierto por este Plan.

#### **Respecto a difusión externa**

Existen varias herramientas a este respecto que se vienen utilizando, con mayor o menor intensidad, desde años atrás. Dichas herramientas serían la realización de

jornadas o seminarios de diseminación de los resultados de proyectos y/o debate sobre los mismos; las publicaciones editoriales y la utilización de la web externa para la comunicación con las partes externas interesadas de los aspectos relevantes de las actividades de I+D del CSN.

Respecto a jornadas y seminarios, la Jornada de I+D que el CSN realiza anualmente es una herramienta claramente consolidada y de eficacia probada. En los últimos años dicha jornada ha venido incluyendo cada vez más elementos de tipo estratégico y de reflexión sobre la I+D y (dadas las limitaciones de tiempo) la inclusión en la agenda de la Jornada de la exposición pública de proyectos del CSN se ha reducido en consecuencia. Por ello, se plantea la siguiente estructura:

- La Jornada de I+D se realizará a principios de año y se dedicará fundamentalmente al resumen de las actividades de I+D del CSN del año anterior, aspectos estratégicos respecto a las mismas que la dirección del CSN quiera transmitir y dar la oportunidad a entidades relevantes que colaboran con el CSN en temas de I+D, en general, en aspectos de gestión de conocimiento vinculada a la misma (p.e., plataformas tecnológicas, las cátedras CSN existentes en diversas universidades españolas, etc.). Se incluirá también una o varias ponencias de especial relevancia: personalidades invitadas del mundo de la I+D, resultados de particular significación de algún proyecto, etc.
- La diseminación pública de los resultados de proyectos individuales se realizará en jornadas temáticas (varias a organizar a lo largo del año, p.e. dos o tres, centradas en tópicos homogéneos) con una agenda más centrada en la exposición técnica y científica por los implicados de actividades, conclusiones, etc. de los diversos proyectos que se considere encajan mejor con el tópico en cuestión.

Respecto a publicaciones, se mantendrá la práctica actual de incluir en el plan anual de publicaciones del CSN varias publicaciones (con el soporte y difusión que se determine en cada caso) relativas a I+D, incluyendo este Plan.

A escala tanto nacional como internacional se potenciará la publicación de artículos y monografías en revistas científicas de amplia difusión y la presentación de los proyectos de I+D en congresos, talleres y conferencias.

En relación a la web del CSN, la información actualmente incluida en la misma se centra en aspectos más bien de tipo estratégico (resumen del plan de I+D), información resumida de actividades de I+D del CSN (proyectos de I+D en curso) y vínculos con otras entidades que puedan ser de utilidad. Una vez esté disponible la plataforma documental mencionada sobre I+D podría ser conveniente plantearse el tener una versión resumida de la misma accesible en la web externa. Este aspecto requeriría, en todo caso, un desarrollo posterior.

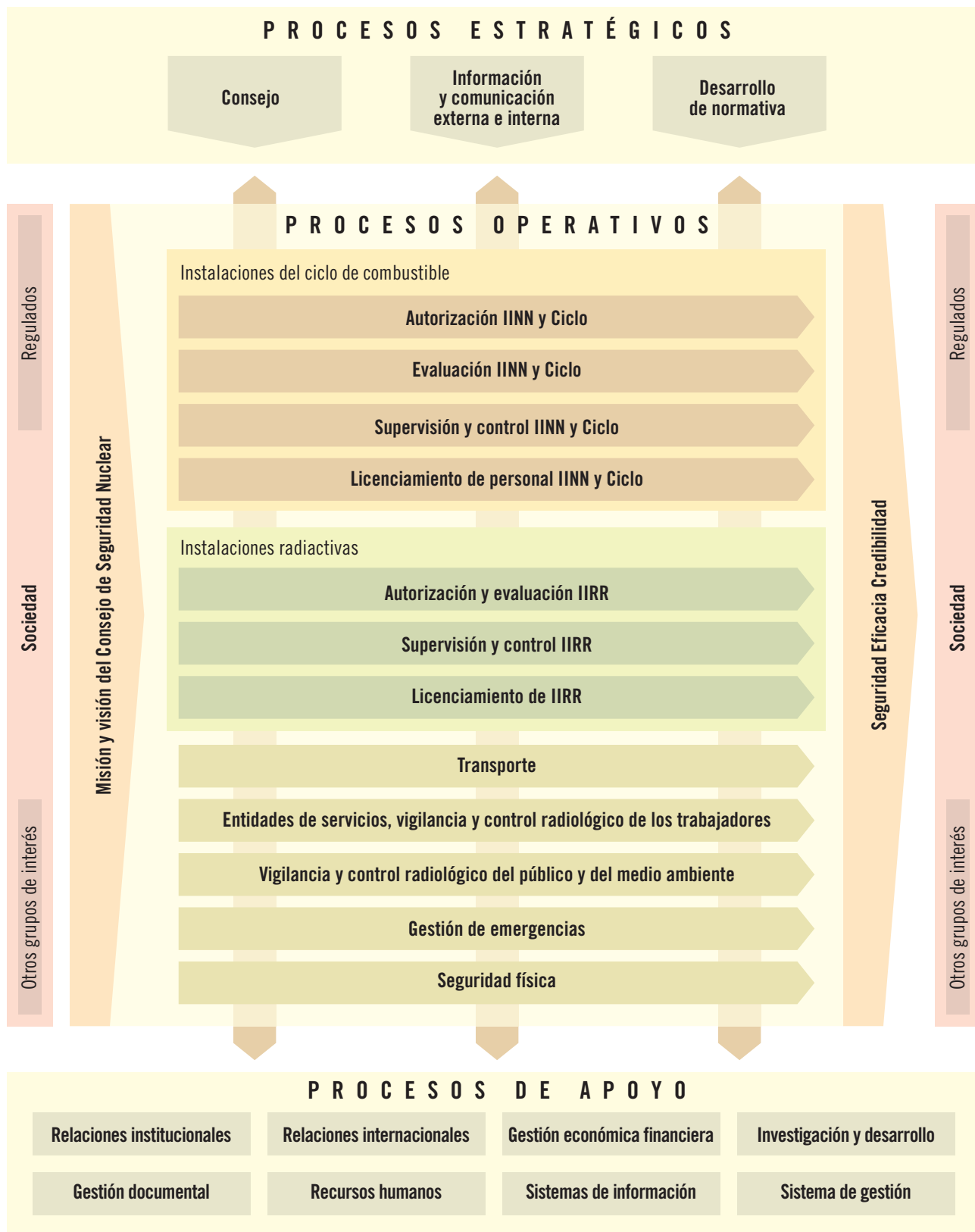
## **VI. Referencias**

1. Texto Refundido de la Ley 25/1964, de 29 de abril, de Energía Nuclear, modificada por la Ley 33/2007, de 7 de noviembre, y la Ley 1112009, de 26 de octubre.
2. Texto refundido de la Ley 15/1980, de Creación del Consejo de Seguridad Nuclear modificada por la Ley 33/2007, de reforma de la Ley 1511980.
3. Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del CSN.
4. Plan estratégico del CSN 2011-2016.
5. Plan de I+D del CSN 2012-2015.
6. Procedimiento de Gestión PG.IX.01 rev. 4, “Gestión del Plan de I+D del CSN” septiembre de 2010.
7. Informe de Grupo SAREF (Senior Expert Group on Research Opportunities after Fukushima Accident).



## **VII. Anexos**

ANEXO I: MAPA DE PROCESOS DEL CSN



## ANEXO II: TABLA DE LÍNEAS ESTRATÉGICAS PARA LA I+D DEL CSN EN ASPECTOS DE SEGURIDAD NUCLEAR Y PROTECCIÓN RADIOLÓGICA

### Lineas estratégicas relativas a seguridad nuclear

PROCESOS CSN	LÍNEAS ESTRATÉGICAS	ÁREAS DE INVESTIGACIÓN
EVALUACIÓN DE IINN Y CICLO	1. <b>Métodos y herramientas de análisis y simulación. Códigos de simulación de incendios</b>	1.1. Programas termohidráulicos experimentales, verificación/validación y desarrollo de herramientas de simulación. 1.2. Desarrollo de modelos de MELCOR de apoyo a los APS Nivel 1 y de Nivel 2. 1.3. Utilización de códigos CFD ("Computational Fluid Dynamics"), de acuerdo con la tendencia internacional actual. 1.4. Validación de códigos de cálculo de quemado de combustible. Mejora de las librerías de datos nucleares en los nuevos rangos de quemado más elevados. 1.5. Métodos y herramientas de análisis y simulación de accidentes severos. 1.6. Técnicas y códigos de simulación de incendios para diversos escenarios y con diferentes orígenes de incendio (modelos de dinámica de fluidos computacional FDS "Fire Dynamics Simulator").
	2. <b>Metodologías de análisis de seguridad</b>	2.1. Desarrollo y validación de metodologías de análisis de seguridad realistas. Técnicas de cuantificación de márgenes de seguridad y de sus incertidumbres, combinando métodos probabilistas y deterministas. 2.2. Desarrollo de nuevas capacidades y actualización de los modelos de APS. 2.3. Factores humanos y organizativos :Actualización de los análisis de fiabilidad humana en los APS. 2.4. Comportamiento humano, y factores humanos y organizativos, en condiciones accidentales. 2.5. Gestión informada por el riesgo. Aplicaciones de los análisis probabilistas de seguridad.
	3. <b>Operación, almacenamiento y transporte del combustible y gestión del combustible gastado</b>	3.1. Comportamiento del combustible nuclear en los diversos modos de operación (normal, transitorios y accidentes) y, en especial, el del combustible sometido a alto quemado. 3.2. Condiciones de seguridad para el almacenamiento en seco (a corto y largo plazo) y transporte del combustible irradiado. Comportamiento mecánico de los materiales de vaina irradiados del combustible sometido a alto quemado (comportamiento del hidrógeno). 3.3. Seguimiento de la investigación internacional para el almacenamiento geológico profundo.
	4. <b>Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento</b>	4.1. Mecanismos de degradación de los materiales metálicos y estructurales, por la exposición a alta irradiación. 4.2. Mecanismos de degradación asociados a la corrosión bajo tensión en todos los medios. 4.3. Incertidumbres asociadas al mecanismo de degradación de fatiga teniendo en cuenta el factor ambiental. 4.4. Incertidumbres de los procesos de calificación ambiental de cables siguiendo la normativa aplicable. 4.5. Efectos de la irradiación y de la temperatura en hormigones estructurales.
	5. <b>Comportamiento frente a condiciones más allá de la base de diseño (incluidos accidentes severos). (Relacionada con la línea 8 de protección radiológica)</b>	5.1. Robustez de los sistemas eléctricos ante la ocurrencia de situaciones accidentales no previstas en su diseño. 5.2. Riesgos derivados de sucesos externos (sismos y ocurrencia de tornados). 5.3. Programas experimentales en temas de accidente severo (promovidos por CSNI de la NEA). Continuar con la investigación relacionada con los accidentes severos y fenomenología de accidentes severos.

### Lineas estratégicas relativas a seguridad nuclear (continuación)

PROCESOS CSN	LÍNEAS ESTRATÉGICAS	ÁREAS DE INVESTIGACIÓN
<b>EVALUACIÓN DE IINN Y CICLO (CONTINUACIÓN)</b>	<b>6. La seguridad en los sistemas socio-técnicos (tecnología, persona y organización).</b>	6.1. Influencia de los sistemas socio-técnicos en la seguridad. Impacto de la organización y gestión de los titulares en la seguridad de las instalaciones nucleares.
<b>SUPERVISIÓN Y CONTROL DE IINN Y CICLO</b>	<b>7. Experiencia operativa: Bases de datos</b>	7.1. Desarrollo de bases de datos y colaboración de análisis de experiencia en incendios. 7.2. Utilización y desarrollo de bases de datos internacionales. 7.3. Métodos y herramientas de apoyo a los análisis de experiencia operativa.
<b>GESTIÓN DE EMERGENCIAS</b>	<b>8. Métodos y herramientas de apoyo en emergencias. (Relacionada con la línea 9 de protección radiológica)</b>	8.1. Utilización del APS de ayuda para el seguimiento de emergencias.

## Lineas estratégicas relativas a la protección radiológica y seguridad física

PROCESOS CSN	LÍNEAS ESTRATÉGICAS	ÁREAS DE INVESTIGACIÓN
ENTIDADES DE SERVICIO, VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES	1. <b>Detección y medida: metrología y dosimetría</b>	1.1. Dosimetría interna: Actualización de los conocimientos y capacidades relativos a las técnicas ya disponibles (dosimetría mediante bioensayos,...). 1.2. Dosimetría externa: incorporación de nuevos desarrollos y tecnologías (dosimetría OSL, dosimetría electrónica, teledosimetría, etc.) y mejorar las técnicas de dosimetría neutrónica.
	2. <b>Protección radiológica en situaciones de exposición planificada (protección radiológica ocupacional)</b>	2.1. Estudios encaminados a garantizar la aplicación de los nuevos límites de dosis a cristalino en trabajadores de todo tipo de instalaciones y trabajos con riesgo.  Nota: actividad orientada a facilitar la aplicación de la nueva Directiva 2013/59/EURATOM.
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE	3. <b>Protección del público y del medioambiente. Desmantelamiento de instalaciones</b>	3.1. Fukushima: actividades de I+D relacionadas con las medidas de protección radiológica para la realización de actuaciones de mitigación y recuperación, y con la evaluación de impacto radiológico. 3.2. Optimización de las técnicas de medida y los métodos de caracterización radiológica con vistas a la rehabilitación de terrenos y zonas contaminadas.
	4. <b>Situaciones de exposición existente</b>	4.1. Materiales de construcción: Estudios encaminados a garantizar la aplicación de las limitaciones relativas a la emisión de radiación gamma y a la exhalación de radón de los materiales de construcción. 4.2. Radón: estudio de la incidencia de los nuevos requisitos sobre el control de la exposición al radón en viviendas, lugares de trabajo y edificios con acceso público y desarrollo de sistemas de medida acordes con los requisitos a establecer en el código técnico de edificación. 4.3. Industrias NORM ("Naturally Occurring Radioactive Materials"): desarrollo de soluciones para la gestión convencional de residuos NORM. 4.4. Caracterización y rehabilitación de terrenos contaminados.
ENTIDADES DE SERVICIO, VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES	5. <b>Radiobiología</b>	5.1. Efectos de las dosis y tasas de dosis de radiación en la carcinogénesis y otros efectos como cataratas y enfermedades cardiovasculares. 5.2. Entender el impacto potencial de la susceptibilidad individual de riesgo de la radiación.
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE		
NO RELACIONADO CON NINGÚN PROCESO	6. <b>Protección radiológica del paciente<sup>1</sup></b>	6.1. Determinación del daño por radiación (citados en el punto anterior). 6.2. Análisis de riesgo mediante la utilización de matrices de riesgo. 6.3. Mejorar la medición/estimación de dosis ocupacionales en radiología intervencionista (relacionada con la línea estratégica 2. PR en situaciones de exposición planificada -PR ocupacional).

<sup>1</sup> La inclusión de esta línea de investigación responde a lo establecido en el artículo 2 letra h), de la Ley de Creación del CSN, donde se establece como función del CSN la de "Colaborar con las autoridades competentes en relación con los programas de protección radiológica de las personas sometidas a procedimientos de diagnóstico o tratamiento médico con radiaciones ionizantes".

### Lineas estratégicas relativas a la protección radiológica y seguridad física (continuación)

PROCESOS CSN	LÍNEAS ESTRATÉGICAS	ÁREAS DE INVESTIGACIÓN
AUTORIZACIÓN IINN Y CICLO EVALUACIÓN IINN Y CICLO SUPERVISIÓN IINN Y CICLO	7. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento	7.1. Identificación y estudio de compuestos y elementos químicos no radiactivos que pueden tener influencia en el comportamiento de los bultos de residuos radiactivos en su almacenamiento definitivo.
AUTORIZACION Y EVALUACIÓN IIRR SUPERVISIÓN Y CONTROL IIRR		7.2. Desarrollo de metodologías para la evaluación de la seguridad a largo plazo de los almacenamientos y estudio de los mecanismos de comportamiento de los radionucleidos en los emplazamientos específicos de almacenamiento.
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE		7.3. Desarrollo de criterios para la aceptación tanto de nuevas matrices para la inmovilización de residuos como de residuos sin acondicionamiento previo (como en el caso de grandes piezas, generadores de vapor, etc.).
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE	8. Liberación de radionucleidos en accidentes severos. (Relacionada con la línea 5 de seguridad nuclear)	8.1. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo del término fuente. Estimación de las tasas de dosis en el interior (en los diferentes cubículos o zonas) y en el exterior (relacionado con Fukushima).
GESTIÓN DE EMERGENCIAS		8.2. Recopilación y análisis de datos experimentales que permitan el desarrollo y la validación de los modelos contenidos en códigos de cálculo.
GESTIÓN DE EMERGENCIAS	9. Gestión de emergencias. (Relacionada con la línea 8 de seguridad nuclear)	9.1. Estrategias de monitorización: desarrollo de sistemas remotos automatizados de monitorización de las instalaciones y las áreas afectadas, que permitan el uso informado de los sistemas y herramientas de los centros de emergencia.
		9.2. Mejora de los planes de emergencia nuclear. Optimización de las medidas de protección a partir del estudio de la eficacia de las mismas y del tiempo necesario para su implantación, de forma individualizada y adaptada a las condiciones reales de los emplazamientos.
		9.3. Gestión de la fase de recuperación post-accidente (ver línea estratégica 3).
		9.4. Preparación de la estrategia de respuesta ante emergencias.
SEGURIDAD FÍSICA	10. Seguridad física	10.1. Estudio de nuevas técnicas para la detección de materiales nucleares y radiactivos, apropiadas según las diversas condiciones en que se realizara (en fronteras, bien marítimas, terrestres o en aeropuertos, en grandes concentraciones de masas o actos públicos de gran relevancia, etc.).
		10.2. Desarrollo de técnicas y análisis forenses nucleares (aplicables a la investigación de escenarios de crímenes radiológicos).
		10.3. Análisis de retos en el ámbito de la ciberseguridad y desarrollo de estrategias y técnicas de protección frente a ellos.
AUTORIZACIÓN IINN Y CICLO EVALUACIÓN IINN Y CICLO SUPERVISIÓN IINN Y CICLO	11. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo relacionados con la protección radiológica	11.1. Participación en programas internacionales de prestigio en este campo y que incluyan el desarrollo y la mejora de códigos de cálculo utilizados en el ámbito de las competencias del CSN.
ENTIDADES DE SERVICIO, VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES		
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE		
GESTIÓN DE EMERGENCIAS		



# Plan de I+D del CSN 2016-2020

Colección Documentos I+D  
23.2016