Plan de I+D+i del CSN 2021-2025

Colección Documentos I+D 26.2022

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Plan de I+D+i del CSN 2021-2025

Plan de I+D+i del CSN 2021-2025

Colección
Documentos I+D
26.2022

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

Colección: Documentos I + D
Referencia: DID-26.22

© Copyright 2022. Consejo de Seguridad Nuclear

Publicado y distribuido por:
Consejo de Seguridad Nuclear
Justo Dorado, 11. 28040 - Madrid
http://www.csn.es
peticiones@csn.es

Depósito legal: M-10698-2022

Índice

I. Introducción **9**

II. Objetivos de las actividades de I+D+i del CSN **15**

III. Referencias técnicas utilizadas para elaborar el plan de I+D+i del CSN 2021-2025 **19**

III.1. Análisis del desarrollo del Plan de I+D 2016-2020 20

III.2. Programas de I+D+i de otras organizaciones 20

III.3. Actividades derivadas del accidente de Fukushima 22

IV. Programas de investigación, desarrollo e innovación **23**

IV.1. Líneas estratégicas de I+D+i con retornos para la seguridad nuclear 24

IV.1.1. Métodos y herramientas de análisis y simulación. Códigos de simulación de incendios 24

IV.1.2. Metodologías de análisis de seguridad 25

IV.1.3. Operación, almacenamiento y transporte del combustible y gestión del combustible gastado 27

IV.1.4. Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento 29

IV.1.5. Comportamiento frente a condiciones más allá de la base de diseño (incluidos accidentes severos) 30

IV.1.6. La seguridad en los sistemas sociotécnicos (tecnología, persona y organización) 32

IV.1.7. Experiencia operativa: Bases de datos 32

IV.1.8. Métodos y herramientas de apoyo en emergencias (análisis, diagnosis y prognosis de situaciones de emergencia) 32

IV.1.9. Gestión de riesgos externos 33

IV.2. Líneas estratégicas de I+D+i con retornos para la protección radiológica 33

IV.2.1. Detección y medida: metrología y dosimetría 33

IV.2.2. PR en situaciones de exposición planificada (PR ocupacional) 34

IV.2.3. Evaluación del impacto radiológico al público y al medioambiente. Radioecología 34

IV.2.4. Desmantelamiento de instalaciones y restauración de emplazamientos 35

IV.2.5. Radiación natural. Situaciones de exposición existente 36

IV.2.6. Radiobiología 37

IV.2.7. Protección radiológica del paciente 37

IV.2.8. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento definitivo 38

IV.2.9. Vigilancia radiológica ambiental 39

IV.2.10. Gestión de emergencias 40

IV.2.11. Seguridad física 41

IV.2.12. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo relacionados con la protección radiológica 42

IV.3. Líneas estratégicas con retornos transversales 42

IV.3.1. Efectos del cambio climático 42

IV.3.2. Cultura de las organizaciones. Gobernanza, transparencia y participación 43

IV.3.3. Agenda 2030. Desarrollo sostenible 43
IV.3.4. Otras a determinar 44

V. Gestión del Plan de investigación, desarrollo e innovación 45
V.1. Colaboración con otras organizaciones 46
V.1.1. Organizaciones nacionales de investigación 46
V.1.2. Organizaciones internacionales 47
V.1.3. Industria nuclear, universidades y hospitales 49
V.1.4. Creación de redes de conocimiento 50
V.2. Plataformas Tecnológicas y otros foros de I+D+i 51
V.3. Gestión de los proyectos de I+D+i 52
V.3.1. Convocatorias de concesión de subvenciones 53
V.3.2. Convenios de colaboración. Selección y priorización de proyectos a desarrollar en los mismos 53
V.3.3. Valoración y uso de los resultados de los proyectos 54
V.3.4. Asesoramiento externo e independiente (AEI, ANECA) 54
V.4. Comunicación y difusión de los resultados de los proyectos 55

VI. Referencias 59

VII. Anexos 61
ANEXO I 62
Mapa de procesos del CSN 62
ANEXO II 63
Tabla de líneas estratégicas para la I+D+i del CSN relativas a la seguridad nuclear, a la protección radiológica y seguridad física, y con retornos transversales 63

I. Introducción

La pandemia por COVID-19 ha supuesto un cambio importante, acelerando los procesos de transformación en una sociedad que avanza hacia un nuevo paradigma en el cual el conocimiento técnico y científico supondrá un pilar fundamental. El Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia aprobado por el Gobierno en abril de 2021 (ref. 5) recoge una nueva senda a la que todas las administraciones públicas deben atender para realizar cambios relevantes en su enfoque y en su forma de entender la I+D+i.

Por otra parte, a más largo plazo, la Estrategia Nacional "España 2050" (ref. 6) también marca un nuevo rumbo en la forma de concebir y desarrollar el papel de las administraciones públicas, que deben ser impulsoras de la innovación necesaria para cocrear conocimiento, abrirse a la participación ciudadana y poner en valor todo ese bagaje experto que está disponible.

Ante los nuevos retos el CSN debe concebir la I+D+i como elemento clave para su aportación en esa transformación social y económica. La actividad de I+D+i en el CSN se debe entender como una herramienta que pone en valor ante la sociedad el conocimiento experto de la institución reguladora y es relevante para alcanzar el objetivo principal del CSN: la seguridad nuclear y radiológica.

La 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". Queda así recogido 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+i para un período quinquenal, cuya aprobación, de acuerdo al Estatuto del CSN, corresponde al Pleno de este Organismo. Este Plan supone uno de los elementos básicos para el mejor cumplimiento de las funciones asignadas al regulador nuclear, y permite dotarlo de mayores capacidades para ejecutar con excelencia su responsabilidad en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

La I+D+i como elemento dinámico debe ir al compás de las necesidades que puedan ir surgiendo en el regulador, que debe hacer frente a retos cada vez más complejos y que no son ajenos a la propia organización del CSN, con su cultura de seguridad como variable principal. En este sentido, el Plan de I+D+i deberá ir adaptándose y buscando formas de gestión que atiendan, entre otros, a la comunicación a la sociedad, a la innovación en las administraciones públicas y al cambio climático en sus distintas vertientes.

La innovación debe servir también para cambiar el desarrollo organizativo, gestionar conocimiento y modernizar el planteamiento del CSN, haciéndolo más abierto a la sociedad y buscando crear nuevas sinergias con regulados y con otros actores que participan desde la sociedad civil. En esta línea todo lo indicado en el Plan Estratégico 2020-2025 es susceptible de ser abordado desde un planteamiento innovador.

Por otra parte, las actividades de I+D+i juegan un papel fundamental para asegurar la actualización permanente de la cualificación técnica del personal del CSN, para que ésta sea acorde con el estado de la tecnología y conocimientos científicos, y aporte la solidez de los conocimientos en que se basan sus actuaciones.

El presente Plan de I+D+i para el período 2021/2025 establece los objetivos de las actividades de I+D+i del CSN (apartado 2), las referencias técnicas utilizadas en su elaboración (apartado 3), y las líneas estratégicas de I+D+i, propuestas por ambas Direcciones Técnicas (DD. TT.) y miembros del Pleno, en apoyo de los procesos reguladores y de mejora institucional (apartado 4 y anexos).

Este Plan de I+D+i 2021-2025 incluye en su apartado 5 los aspectos básicos relacionados con la gestión del mismo. Supone una revisión respecto al anterior, buscando impulsar la I+D+i, y estableciendo una estrategia para la selección de proyectos con impacto en los temas relativos a las funciones y competencias del CSN y que, además, puedan proporcionar soporte en la toma de decisiones reguladoras.

En el desarrollo de este Plan se tendrán en cuenta, con el alcance que corresponda, las disposiciones establecidas por el Real Decreto Ley 36/2020, de 30 de diciembre, por el que se aprueban medidas urgentes para la modernización de la Administración Pública y para la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia mencionado al inicio.

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. Si las circunstancias requiriesen una modificación sustancial del Plan, o se apreciasen defectos que fuera preciso corregir, se procedería a su actualización atendiendo a la normativa interna.

En el apartado de Referencias se han incluido todos aquellos documentos que sirven como bases jurídicas y técnicas para la elaboración de este Plan de I+D+i.

Ciencia reguladora

Podría definirse ciencia reguladora como "la actividad científica que se realiza con la finalidad de tomar decisiones en la regulación, fiscalización y control, especialmente dirigida a la gestión de riesgos".

En seguridad nuclear y en protección radiológica, ámbitos diferenciados pero complementarios al actuar sobre el riesgo radiológico, resulta imprescindible disponer de regulación, pues ésta aporta:

- Mayor eficacia, esto es, capacidad para lograr los objetivos o el efecto deseado.
- Mayor efectividad, esto es, que el sistema regulador mejore su capacidad de conseguir el objetivo.
- Mayor eficiencia, esto es, que con menores costes se consigan mejores objetivos.
- Ayuda a poner orden en contextos en los que se maneja mucha información, con incertidumbres, en contextos de riesgos y con discrepancias continuas.
- Permite avanzar en transparencia para que se pueda informar a la ciudadanía sobre los criterios de aplicación del regulador con antelación a la toma de decisiones, que debe estar debidamente fundamentada y contrastada.
- Ayuda a gestionar conocimiento, pues en ocasiones se trata de plasmar en una normativa la experiencia científica o resultados de observaciones que, de este modo, quedan a disposición de toda la sociedad y suponen pequeños avances en la gestión del riesgo radiológico.

Misión y visión

Este Plan de I+D+i en el CSN abarca el conjunto de actividades que debe realizar el regulador nuclear para avanzar en todo lo que afecta a la ciencia reguladora de su competencia, y en el cumplimiento de su misión, visión y valores establecidos en el Plan Estratégico vigente 2020-2025 (ref. 4).

En dicho Plan Estratégico se exponen los fundamentos de la Misión, Visión y Valores del CSN. En cuanto a la "Misión" ésta se fundamenta en su papel regulador establecido en la legislación. En lo relativo a la "Visión", menciona que se aplicarán las mejores prácticas nacionales e internacionales y se promoverá la excelencia en sus decisiones reguladoras a través de la competencia, el conocimiento y la comunicación fiable. En lo que se refiere a los "Valores" se indica el compromiso de España con los ODS de la Agenda 2030, siendo además la competencia y la excelencia, o el rigor, la veracidad y fiabilidad, otros valores fundamentales.

Las actividades de I+D+i juegan un papel fundamental para asegurar la actualización permanente de la cualificación técnica del personal del CSN, para que ésta sea acorde con el estado de la tecnología y conocimientos científicos, y para aportar la solidez de los conocimientos en que se basan sus actuaciones.

La actividad de I+D+i en el CSN se debe entender como una herramienta que pone en valor ante la sociedad el conocimiento experto de la institución reguladora y es relevante para alcanzar el objetivo principal del CSN: la seguridad nuclear y radiológica.

Para todo ello es necesario contar con equipos consolidados que, desde instituciones públicas y privadas, sirvan como organizaciones de soporte y repositorio de conocimiento técnico y científico en las materias que son competencia del CSN.

Para alcanzar los retornos necesarios y que las inversiones en I+D+i redunden en el mejor cumplimiento de la misión del CSN se plantean varios retos estratégicos:

- Mejorar los procesos para asignación de recursos a proyectos de I+D con el objetivo de conseguir una utilización óptima de los mismos, actuando de forma coordinada con otras entidades interesadas, especialmente las del sector público.
- Establecimiento de una estrategia para la selección de proyectos de I+D con impacto en los temas relativos a las funciones y competencias del CSN y que puedan proporcionar soporte en la toma de decisiones reguladoras.
- Asegurar la aplicabilidad a las funciones y competencias del organismo regulador de los retornos obtenidos tras el desarrollo de proyectos de I+D financiados total o parcialmente por el CSN.
- Impulso y participación del CSN en el proceso de elaboración, desarrollo y seguimiento y de políticas públicas de I+D en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Además de estos objetivos dirigidos específicamente a la I+D+i también es importante ir incorporando la transversalidad de la innovación en todos los procesos del CSN.

II. Objetivos de las actividades de I+D+i 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, esto es, su capacidad de conseguir los máximos niveles de seguridad nuclear y radiológica en todas aquellas actividades en las que se utilizan radiaciones ionizantes, lo que debe entenderse desde varias dimensiones: reguladora, del capital humano, del sistema de detección y de la gestión.

Para ello, se debe promover el desarrollo de la capacidad reguladora en todos sus elementos: normativa, incluyendo los trámites de consulta pública previa, así como audiencia e información pública, autorización y licenciamiento, supervisión y control, proceso coercitivo, comunicación, etc. Respecto al capital humano resultan fundamentales, entre otros aspectos, la consecución de la excelencia técnica y la gestión del conocimiento. Además, la I+D+i debe abordar un mejor control de todas las variables que tienen efecto en la seguridad nuclear y en la protección radiológica. Por último, la actividad de I+D+i debe contribuir a la promoción del sistema de gestión, dado el apoyo que presta como instrumento integrador de los procesos internos relacionados con la propia actividad reguladora nuclear y radiológica, así como de los procesos relativos a la gestión de calidad, los sistemas de información y la gestión económico-financiera.

La actividad de I+D+i en el CSN se debe entender como una herramienta que pone en valor ante la sociedad el conocimiento experto de la institución reguladora y es relevante para alcanzar el objetivo principal 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.*

De este modo, la actividad de I+D+i del CSN debe enfocarse a las necesidades del CSN como regulador, con el objeto de mejorar sus competencias y su desarrollo. Teniendo en cuenta esta premisa, las DD. TT. han definido las líneas estratégicas de investigación contempladas en este Plan de I+D+i. Pero, además, se han abierto otras líneas transversales que buscan dirigir la mirada hacia nuevos retos que tiene el CSN como administración pública, y como parte de una sociedad en proceso de transformación.

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+i).

Como objetivos generales que el CSN persigue con las actividades de I+D+i se citan los siguientes.

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+i 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. Es, por tanto, un elemento de formación de la plantilla técnica del regulador y su desarrollo supone una contribución fundamental en la gestión del conocimiento experto.

B. Mejorar la vigilancia y el control de la exposición de los trabajadores, del público y del medio ambiente 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 con exposiciones existentes 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.ej. 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.

D. Realizar tareas de innovación destinadas a mejorar la relación del CSN con la sociedad, crear valor de utilización pública, preservar y mejorar el conocimiento experto disponible y realizar una mejor difusión del mismo.

   El conocimiento está interrelacionado y los avances a futuro establecerán menos compartimentos estancos y pondrán más información a disposición de toda la sociedad. Se manejarán estructuras mucho más complejas y con capacidades tecnológicas mucho más elevadas. Ante esta nueva realidad, la innovación pone nuevas metas a todas las administraciones públicas, que deben crear sinergias, producir conocimiento, difundirlo, y así generar valor. La Compra Pública de Innovación es un instrumento recogido en la Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027, cuyo objeto es fomentar la innovación desde el sector público a través de adquisición de soluciones innovadoras o de soluciones en fase de desarrollo, lo que podría ser de utilidad para trabajar en nuevos desarrollos que resulten necesarios para acometer las tareas reguladoras del CSN.

El Plan incluye líneas de I+D+i 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+i 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.

La innovación debe servir también para cambiar el desarrollo organizativo, gestionar conocimiento y modernizar el planteamiento del CSN, haciéndolo más abierto a la sociedad y buscando crear nuevas sinergias con regulados y con otros actores que participan desde la sociedad civil. En esta línea todo lo indicado en el Plan Estratégico 2020-2025 es susceptible de ser abordado desde un planteamiento innovador.

Como aspecto a comentar de manera específica, se deberán abordar trabajos de análisis e implementación destinados al cumplimiento del objetivo estratégico 5 "Mejorar la percepción de la actividad del regulador por la ciudadanía y por los grupos de interés a través del rigor, la veracidad y la fiabilidad".

III. Referencias técnicas utilizadas para elaborar el plan de I+D+i del CSN 2021-2025

El contenido de este Plan de I+D+i ha tenido en cuenta la experiencia obtenida sobre el desarrollo de los planes anteriores, así como los programas y prioridades de investigación de otras organizaciones que tienen objetivos con interés común o complementario al del CSN.

III.1. ANÁLISIS DEL DESARROLLO DEL PLAN DE I+D 2016-2020

Atendiendo al desarrollo del Plan de I+D anterior (2016-2020), se está realizando una revisión de los procesos internos del CSN para que la burocracia no sea en ningún caso un impedimento a la hora de abordar nuevos proyectos de I+D+i. La Unidad de I+D y Gestión del Conocimiento del CSN, como responsable de la gestión de este Plan, trabaja en la búsqueda de fórmulas que permitan ser más eficaces en la puesta en marcha y promoción de nuevas líneas de trabajo.

Una de las cuestiones consideradas para plantear dichas mejoras ha sido la imposibilidad de ejecutar en un porcentaje elevado las partidas económicas destinadas a este capítulo en los presupuestos del CSN.

Por otra parte, se han realizado evaluaciones externas al CSN, a través de la Agencia Estatal de Investigación (AEI), lo que ha permitido disponer de otras valoraciones además de las propias del CSN.

A nivel internacional se ha mantenido, e incluso aumentado, la participación de los expertos del CSN en diversos grupos de I+D internacionales. Esta colaboración permite obtener retornos importantes de proyectos liderados por organizaciones como la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE, o la Nuclear Regulatory Commission de Estados Unidos.

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

Atendiendo a lo establecido en la Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, este Plan de I+D+i es compatible con el entorno descrito en el *Sistema Español de Ciencia, Tecnología e Innovación*, que tiene como pilares fundamentales, por una parte, la calidad de la investigación y el impacto científico-técnico, social y económico de la misma; por otro lado, la creciente participación y liderazgo de las empresas en las actividades de I+D+i, buscando el desarrollo de un entorno innovador que permita dar respuesta a los grandes retos de la sociedad, que facilite la adquisición de nuevas capacidades y la incorporación de talento, refuerce el liderazgo y la colaboración internacional de nuestro país en I+D+i; y que, además, promueva la participación de la sociedad civil y sus organizaciones en dicho proceso de innovación. Por otra parte, los principios rectores se plasman en el Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023.

Una de las características de la I+D+i 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+i de diferentes entidades: organismos reguladores nucleares de otros países, 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 analizado información de otras entidades.

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).
- Institute de la Radioprotection et Suretè Nucleaire (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 Institute 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).
- Grupo europeo de dosimetría de radiación (EURADOS).
- Plataforma europea de investigación en emergencias radiológicas y nucleares (NERIS).
- Alianza Europea para la Investigación en Protección Radiológica Médica (EURAMED).
- Plataforma europea para actividades sociales y humanas ligadas a la radiación (SHARE).
- Programa conjunto europeo para la integración de la investigación en protección radiológica (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:

- Nuclear Energy Agency (NEA).
- Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA).
- Unión Europea (UE). En particular, el programa Euratom de investigación y formación 2021-2025.

III.3. ACTIVIDADES DERIVADAS DEL ACCIDENTE DE FUKUSHIMA

El anterior Plan de I+D 2016/2020 vino muy marcado, como no podía ser de otra manera, por el impacto del accidente en la central de Fukushima Daiichi 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 en la industria nuclear en general. En los próximos años parte de las actividades de I+D en el sector nuclear continuarán estando ligadas a las consecuencias del accidente de Fukushima. La NEA (Grupo SAREF), continúa trabajando en estrecha colaboración con las principales entidades japonesas implicadas en la regulación e I+D nuclear, sobre oportunidades diversas de I+D+i que se abrieron 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, desarrollo e innovación

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+i 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+i CON RETORNOS PARA 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 de 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 y validación de herramientas fiables de modelización del crecimiento y la propagación del incendio, así como de la propagación del humo y el calor, para poder mejorar las capacidades predictivas de las consecuencias de un incendio en una instalación nuclear, de manera que se puedan abordar nuevos y más complejos escenarios realistas, 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, así como los nuevos desarrollos de los APS (otros modos, incendios, inundaciones, etc.).

- 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.
- Desarrollo de mejoras en las herramientas de análisis para el nivel 2 de APS y cálculo de incertidumbres, para valoración de hallazgos y análisis de precursores.
- Desarrollo de Herramientas de cuantificación de modelos estandarizados de APS (OpenPSA, XFTA).
- Desarrollo de métodos y herramientas para la información sobre los resultados de los APS y riesgo.

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+i 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+i en las que el CSN ha venido colaborando de forma destacada, y en las que se debe seguir participando.

La realización de los nuevos desarrollos de los APS, que incluyen Otros Modos de Operación, Incendios e Inundaciones, etc., implican nuevas metodologías y la consideración de otras fenomenologías que se están teniendo en cuenta en el proceso regulador. Así mismo, la participación en proyectos experimentales ayuda a profundizar en el conocimiento de la fenomenología de distintos tipos de incendios planteados en los análisis probabilistas de incendios (por ejemplo, arcos eléctricos de alta energía).

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.

Todos estos ámbitos no pueden quedar al margen de los rápidos desarrollos ligados a la inteligencia artificial y a otras innovaciones tecnológicas. Es de esperar que las mayores capacidades en computación y análisis de variables complejas aporten beneficios y mejoren los resultados obtenidos hasta la fecha.

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.
- Aplicación de las nuevas tecnologías en la definición y análisis de las variables geológicas a considerar en la selección y control de los emplazamientos nucleares.
- Desarrollo de investigación e innovación en la mejora de combustibles nucleares. Diseño de combustibles avanzados.
- Desarrollo de mejoras que permitan mantener las propiedades de los elementos de combustible, cuando tienen mayores quemados, y/o mayores enriquecimientos.
- Desarrollo de combustibles resistentes a accidentes.

La investigación sobre combustible nuclear del CSN debe continuar las líneas de I+D+i 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 refrige-

rante (proyecto SCIP 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 (USDOE, EPRI), como de organismos reguladores y/u organizaciones de apoyo técnico (USNRC, GRS) y de organizaciones internacionales (NEA, OIEA). A nivel nacional el CSN debe actuar como promotor de este conocimiento, implicándose desde el primer momento en la generación de regulaciones y en los avances que se vayan produciendo hacia las soluciones definitivas de almacenamiento geológico de los residuos radiactivos de alta actividad.

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. También se debe considerar la aplicación de la inteligencia artificial, el *big data* y nuevos desarrollos tecnológicos a la hora de definir modelos geológicos e hidrogeológicos, y avanzar en el conocimiento de la evolución a muy largo plazo de las distintas variables implicadas. Todas estas nuevas tecnologías, que tienen muy diversas aplicaciones, deben tener un impacto notable en la operación y el análisis de seguridad.

El accidente de Fukushima puso en evidencia, entre otros, que se puede contribuir a mejorar la seguridad de una central nuclear ante sucesos extremos mejorando las características del combustible utilizado. El desarrollo de nuevos combustibles, que mejoren sus propiedades físico-químicas y los márgenes de seguridad es otro reto necesario de la I+D+i para los próximos años. El denominado "combustible tolerante a accidentes" (ATF por sus siglas en inglés) supone ya una línea trabajo a nivel internacional.

IV.1.4. Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento

Como área de investigación dentro de este campo se considera de interés la siguiente:

- 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.
- Activación de otros materiales por altas energías (reactores de fusión).

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 ha iniciado 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+i 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.

El licenciamiento de la gran instalación IFMIF-DONES (Granada) requiere una serie de investigaciones y desarrollos para garantizar su correcto funcionamiento desde la seguridad y la protección radiológica. En particular se hace imprescindible verificar aspectos que no son bien conocidos por no haberse puesto en práctica todavía. La presencia de tritio en los diferentes sistemas de la instalación, especialmente en el flujo de litio o la activación de materiales por neutrones de alta energía son aspectos destacables a tener en cuenta.

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.
- Desarrollo y aplicación de metodologías de cálculo de incertidumbres a la progresión de un accidente severo y su impacto en el análisis del término fuente.

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, el comportamiento de los sistemas de contención, 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+i sobre estos temas, impulsadas tanto por la industria como por otros organismos reguladores o instituciones internacionales, debiendo el CSN realizar un seguimiento y analizar la conveniencia de su participación.

Todos estos análisis de accidente severo deben incorporar, tanto los aspectos inciertos relativos a la capacidad y disponibilidad de los equipos, como las incertidumbres en los tiempos de actuación de los mismos, así como parámetros de índole fenomenológico. También deben traducirse al término fuente al exterior y a las consecuencias radiológicas.

Esta línea estratégica está relacionada con la 4.2.10 de protección radiológica (Gestión de emergencias).

IV.1.6. La seguridad en los sistemas sociotécnicos (tecnología, persona y organización)

Como área de investigación prioritaria se ha identificado la siguiente:

- Influencia de los sistemas sociotécnicos 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.
- Investigación de incidentes relevantes.
- Aplicación de la inteligencia artificial en investigaciones 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 aplicar esa experiencia al trabajo que se hace en España. El acceso a la información contenida en bases de datos es fundamental y ésta requiere un elevado grado de detalle para su mejor aprovechamiento con fines estadísticos. Por otro lado, resulta clave desarrollar métodos sistemáticos de análisis que permitan valoraciones independientes y fiables de las consecuencias de los sucesos que hayan ido ocurriendo en el parque nuclear mundial y su aplicación a los métodos de análisis de riesgos.

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

Como áreas de investigación se han considerado:

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

- Promover el uso de APS dinámicos para la consideración y análisis de posibles escenarios.
- Aplicación de supercomputación en I+D+i ligada a emergencias nucleares o radiológicas.

El APS ha servido como instrumento para conocer las vulnerabilidades del diseño y la determinación de la frecuencia de daño al núcleo ante determinados 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 4.2.10 de protección radiológica (Gestión de emergencias).

IV.1.9. Gestión de riesgos externos

Actualmente se están desarrollando estudios ligados a mejorar el conocimiento sobre fallas capaces en el entorno de emplazamientos nucleares, de cara a poder aplicar estos resultados en el IPEEE *(Individual Plant Examinations for External Events*) sísmico.

Por otra parte, se deberían replantear estudios sobre riesgo de tornados para la puesta al día del conocimiento experto y su aplicación en los diferentes procesos reguladores.

Como áreas de investigación se consideran las siguientes:

- Análisis del riesgo sísmico en emplazamientos nucleares.
- Análisis del riesgo de tornados en emplazamientos nucleares.

IV.2. LÍNEAS ESTRATÉGICAS DE I+D+i CON RETORNOS PARA 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, etc.).
- Dosimetría externa: incorporación de nuevos desarrollos y tecnologías (p.ej. dosimetría OSL, dosimetría electrónica, teledosimetría, etc.) y mejorar las técnicas de dosimetría neutrónica.
- Metrología de campos de radiación especiales.

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.

Además, en nuevas aplicaciones, tales como los campos pulsados en LASER ultra intensos, protonterapia, etc., es conveniente mejorar los sistemas actuales de medida de la radiación.

IV.2.2. PR en situaciones de exposición planificada (PR 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 estrategias destinadas a garantizar una aplicación efectiva de este nuevo límite de dosis para los trabajadores expuestos.

IV.2.3. Evaluación del impacto radiológico al público y al medioambiente. Radioecología

Como áreas de investigación se han destacado las siguientes:

- Fukushima: actividades de I+D+i relacionadas con las medidas de protección radiológica para la realización de actuaciones de mitigación y recuperación, y con la evaluación de impacto radiológico. (Ver 4.2.9).
- Desarrollo y mejora de códigos de cálculo del término fuente en accidentes severos. 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 accidentes severos.
- Estudio de procesos y parámetros relevantes de transferencia de radionucleidos, de exposición y sobre los efectos de la radiación.

- Integración de la protección del hombre y del medio ambiente.
- Cuantificación de procesos clave en las transferencias de radionucleidos para determinar la exposición a la contaminación radiactiva de humanos y de especies no humanas.
- Determinación cuantitativa de las consecuencias ecológicas en condiciones realistas de exposición de los organismos.
- Mejorar la protección radiológica de la biota mediante integración de los sistemas de protección del hombre y del medio ambiente en los procesos de apoyo a la toma de decisiones, incluyendo las recomendaciones de la ICRP y de la OIEA en estas materias.
- Implementación de sistema de protección radiológica del medio ambiente.

Las consecuencias radiológicas del accidente de la central de Fukushima han dado lugar a diferentes actividades de I+D+i 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 la recopilación y análisis de datos experimentales que permitan el desarrollo y la validación de los modelos contenidos en códigos de cálculo para accidentes severos, estudio de procesos y parámetros relevantes de transferencia de radionucleidos, de exposición y sobre los efectos de la radiación.

En este mismo ámbito se pueden potenciar actuaciones relativas a la integración de la protección del hombre y del medio ambiente.

IV.2.4. Desmantelamiento de instalaciones y restauración de emplazamientos

Como áreas de desarrollo dentro de este ámbito se han detectado las siguientes:

- Rehabilitación y restauración de terrenos y zonas contaminadas.
- Caracterización de parámetros físico-químicos y radiológicos de terrenos, orientada al desmantelamiento de instalaciones nucleares.
- Liberación de emplazamientos del control regulador.
- Gestión de efluentes generados en actuaciones de desmantelamiento o rehabilitación de emplazamientos.

En este ámbito se contempla 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.2.5. Radiación natural. Situaciones de exposición existente

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

- Mapa de potencial de radón en España en zonas kársticas.
- Exhalación de radón de materiales de construcción. Impacto radiológico y medidas correctoras.
- Aplicación de la recomendación ICRP 137-parte 3 a la evaluación de dosis por radón en lugares de trabajo con condiciones extremas.
- Percepción pública del radón en España.
- Industrias NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials): desarrollo de soluciones para la gestión convencional de residuos NORM.
- Evaluación de riesgos de instalaciones de residuos de industria extractiva, cerradas o abandonadas.
- Caracterización y rehabilitación de terrenos contaminados.
- Gestión de residuos NORM.

Como áreas de investigación a destacar se mencionan las relativas al Mapa de potencial de radón en España en zonas kársticas, y la Exhalación de radón de materiales de construcción, junto con su impacto radiológico y medidas correctoras.

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 esta área.

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 des-

clasificación de materiales, y desarrollo de soluciones de gestión para residuos NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials).

IV.2.6. Radiobiología

Como áreas de investigación en las que se prevé desarrollar trabajos de I+D+i 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.

La forma en que se producen los efectos biológicos de las radiaciones ionizantes 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.2.7. 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 (4.2.6.) 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 4.2.2. PR 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+i 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.2.8. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento definitivo

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 de residuos radiactivos y estudio del comportamiento de los radionucleidos en los emplazamientos específicos de almacenamiento.
- Indicadores para el control regulador de los procesos de minimización de los residuos radiactivos generados en las instalaciones.
- Optimización de los procesos de calibración y puesta en marcha de equipos de medida para la desclasificación de residuos con contenido radiactivo.
- Conservación de la memoria, del conocimiento y de los registros sobre los almacenamientos definitivos de residuos radiactivos a través de las generaciones futuras.

Es necesario desarrollar metodologías para la justificación y evaluación de la seguridad a largo plazo de los almacenamientos de residuos radiactivos que faciliten la evaluación reguladora de los procesos de licenciamiento de estas instalaciones. Por otra parte, se ha identificado la necesidad de establecer indicadores para el control regulador de los procesos de minimización de los residuos a gestionar y también la necesidad de optimizar el proceso de toma de decisiones para la desclasificación cuando se utilizan técnicas de medida y geometrías que agrupan cantidades y naturalezas variables de materiales residuales.

Adicionalmente, un capítulo importante de las necesidades es el correspondiente al análisis y estudio de la influencia que puede ejercer en la seguridad de los almacenamientos la presencia de componentes químicos que están presentes en los residuos y que pudieran afectar el comportamiento previsto de los bultos acondicionados y del sistema de almacenamiento.

La agencia europea de Energía Nuclear (NEA/OCDE) planteó en 2011 una iniciativa internacional de investigación para la conservación de los registros, el conocimiento y la memoria (RK&M) sobre los almacenamientos de residuos radiactivos. Se identifica el gran interés y la necesidad de las investigaciones en esta materia, que deberán conseguir procesos/sistemas de conservación flexible y adaptable a lo largo del tiempo, así como que sean coherentes con las recomendaciones internacionales (ICRP, IAEA) sobre la vigilancia y control de los almacenamientos de residuos radiactivos durante el largo plazo. El desarrollo de estos temas facilitará su regulación y permitirá conservar adecuadamente la memoria, el conocimiento y los registros después del cierre de los almacenamientos, para que las generaciones futuras puedan tomar decisiones bien informadas sobre la instalación y su contenido y prevenir la intrusión humana inadvertida.

IV.2.9. Vigilancia radiológica ambiental

Como áreas prioritarias de investigación están las siguientes:

- Desarrollo de procedimientos rápidos para la vigilancia radiológica ambiental en emergencias.
- Optimización de métodos de ensayo en vigilancia radiológica ambiental.
- Optimización de metodología muestreo en vigilancia radiológica ambiental.
- Aplicación de la ciencia ciudadana como conocimiento dentro del control de la radiactividad ambiental.

En situaciones de emergencia radiológica o nuclear, es necesario disponer de procedimientos rápidos para la vigilancia radiológica ambiental. El objetivo es llevar a cabo la evaluación de la contaminación ambiental en diferentes matrices (aire, agua, suelo, alimentos, vegetación) de manera temprana para la adecuada gestión de la emergencia.

El proceso de mejora del sistema de calidad de la vigilancia radiológica ambiental se plantea como un objetivo continuo. Los laboratorios participan en distintos programas para mejora de sus capacidades en este campo, como son los ejercicios de intercomparación de los distintos tipos de muestras. Se plantean

ahora líneas de trabajo para la mejora de la vigilancia radiológica ambiental relativas a la optimización de los métodos de ensayo, así como las metodologías de muestreo.

IV.2.10. 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 4.2.3).
- Preparación de la estrategia de respuesta ante emergencias.
- Epidemiología. Su aplicación a la gestión de la post-emergencia nuclear.
- Desarrollos de realidad virtual como herramientas de formación en emergencias radiológicas.
- Uso de drones durante la gestión de emergencias nucleares o radiológicas.
- Utilización de nuevas tecnologías en la toma de decisiones durante 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 empla-

zamientos. 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 las líneas 4.1.5 (Comportamiento frente a condiciones más allá de la base de diseño (incluidos accidentes severos)), y 4.1.8 (Métodos y herramientas de apoyo en emergencias), ambas de seguridad nuclear.

IV.2.11. 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).
- Determinación de la vulnerabilidad radiológica de las centrales nucleares españolas en explotación frente a amenazas informáticas.
- Análisis sociológicos y geoestratégicos sobre posibles nuevos escenarios a contemplar.
- Desarrollo de modelos matemáticos y códigos de cálculo para la determinación de la resiliencia de contenedores de combustible gastado para el almacenamiento en seco o para el transporte frente a munición y cargas huecas.
- Desarrollo de geolocalizadores de fuentes radiactivas por robo o extravío.
- Actuaciones frente a la intrusión de drones y uso de éstos para vigilancia y control del entorno.

Ante todo, se trata de actuar desde la prevención, considerando nuevas técnicas que permitan reducir las vulnerabilidades existentes. Por otra parte, se abre el ámbito de la seguridad informática como línea de acción importante dado que las instalaciones nucleares son infraestructuras críticas. Además, se incorpora el desarrollo de técnicas ligadas a la vigilancia, investigación y detección de fuentes o de materiales nucleares y radiactivos en diversos escenarios.

IV.2.12. 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 en áreas como cálculo de blindajes. Se pretende estar al día en los códigos necesarios y realizar con la máxima calidad las evaluaciones e inspecciones que se realizan.

IV.3. LÍNEAS ESTRATÉGICAS CON RETORNOS TRANSVERSALES

IV.3.1. Efectos del cambio climático

Como áreas de investigación preferente se mencionan las siguientes:

- Análisis de previsiones climáticas y sus efectos en las variables de diseño de instalaciones nucleares.
- Riesgo de tornados y otros fenómenos extremos no contemplados.
- Efectos del cambio climático sobre los emplazamientos nucleares.
- Cambios reguladores derivados del cambio climático sobre la seguridad nuclear y la protección radiológica.
- Uso de nuevas tecnologías para predecir fenómenos extremos con efectos en las instalaciones nucleares y almacenes de residuos radiactivos.

La Ley 7/2021, de 20 de mayo, de Cambio climático y transición energética reconoce los efectos que tendrán las nuevas variables ambientales a distintos niveles, indica herramientas que habrá que contemplar, y establece un marco jurídico para todo el desarrollo necesario. La regulación nuclear no es ajena a dicho cambio climático y deberá adaptarse en lo que sea necesario para atender a los nuevos riesgos, y que éstos sean debidamente integrados en lo que afecte a la seguridad nuclear y a la protección radiológica.

Con esta nueva línea el CSN busca desarrollar proyectos que analicen estos riesgos en las diferentes instalaciones a regular, permitan actualizar la normativa técnica existente en lo que corresponda, y se contribuya a mitigar sus efectos en las distintas variables que tienen influencia en sus ámbitos de competencia.

IV.3.2. Cultura de las organizaciones. Gobernanza, transparencia y participación

Como áreas de investigación preferente se mencionan las siguientes:

- Mejora de la cultura de seguridad en el regulador nuclear y en las instalaciones reguladas.
- Innovación pública en el sector nuclear.
- Desarrollos de procesos para gestionar conocimiento en el sector nuclear.
- Desarrollo y aplicación de técnicas de toma de decisiones en el ámbito regulador.
- Métodos para el establecimiento de límites reguladores de aceptación para los análisis de seguridad.

La Ley 19/2013, de 9 de diciembre, de Transparencia, acceso a la información pública y buen gobierno, junto con su aplicación y desarrollos posteriores, sienta las bases para una nueva forma de relación de las instituciones públicas con la ciudadanía. Por otra parte, el Plan de Transformación Digital del CSN en curso va a suponer un gran impulso en la mejora de acceso a la información y a la participación ciudadanas. Y todo ese desarrollo irá permitiendo una mejor gestión del conocimiento y cultura organizativa.

Para todo ello harán falta desarrollos que podrán ser análisis prospectivos, o aplicación de técnicas como las ligadas a inteligencia corporativa o a la investigación operativa. Y como opción a explorar está la posibilidad de colaboración con otras instituciones públicas para buscar fórmulas innovadoras para gestionar información pública, o para desarrollar Gobierno abierto. Se trata de adecuar el CSN a los nuevos tiempos, en los que la ciudadanía puede tener un papel más activo, recibiendo información y conocimiento.

IV.3.3. Agenda 2030. Desarrollo sostenible

Como áreas de investigación que se han planteado en este ámbito están:

- Desarrollo de un marco metodológico para la aplicación integrada de los ODS a la gestión del regulador.
- Análisis sociológicos sobre percepción pública y de trabajadores en el sector nuclear.
- Análisis de indicadores de igualdad de género en la selección y promoción interna dentro del sector nuclear.

- Mejora de sistemas de gestión en el regulador nuclear. Optimización y modernización.
- Búsqueda de sinergias con otras organizaciones públicas y privadas con las que compartir experiencias, recursos, formación, etc.
- Aceptabilidad del riesgo y cambios en la sociedad.
- Uso de la inteligencia artificial para explorar como los ODS intervienen en la regulación nuclear, tanto en el CSN como en otros reguladores.
- Actuaciones innovadoras a desarrollar dentro del ámbito nuclear que atiendan a los ODS establecidos en la Agenda 2030.

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), con los 169 propósitos que se establecen, forman la piedra angular de la nueva Agenda 2030 y abarcan las dimensiones económica, social y ambiental del desarrollo sostenible. Para contribuir a dichos objetivos se requieren acciones dirigidas a la innovación tecnológica, buscando lograr simultáneamente la sostenibilidad socioeconómica y ambiental en un marco integrado.

Las líneas de I+D+i a promover desde el CSN deben potenciar sistemas que refuercen las tecnologías generando herramientas que sean de utilidad para las empresas y la ciudadanía. Conscientes de que el campo es muy amplio, esta área de investigación se abre a propuestas innovadoras sobre sistemas tecnológicos en los ámbitos nuclear y radiológico, pero también sería de interés generar sinergias mediante aportaciones de dominios de conocimiento desde otras ramas de la ingeniería convencional, energía, economía, emprendimiento o política, entre otros.

Soluciones tecnológicas empleando algoritmos de redes complejas, redes neuronales, inteligencia artificial, métodos de las teorías QSPR... etc., para la extracción de información relevante en *big data* y diseño de modelos predictivos.

IV.3.4. Otras a determinar

El rápido desarrollo de nuevas tecnologías como la fusión nuclear, y otros nuevos componentes o instalaciones para futuros retos, obligan a considerar futuras necesidades de I+D+i en las que el regulador deba formarse, y además, aportar conocimiento y experiencia.

Están en marcha proyectos internacionales con instalaciones experimentales para generar energía mediante fusión nuclear. Esta tecnología, si bien no tiene riesgos ligados a la criticidad nuclear, comporta la necesidad de hacer también un control y supervisión radiológicos. La necesidad de posibles licenciamientos a este respecto, abre la puerta a nuevos proyectos de I+D+i en este ámbito.

V. Gestión del Plan de investigación, desarrollo e innovación

Se dispone de un Procedimiento interno del CSN que regula este proceso (Ref. 9), y que debe ser revisado para optimizar diversos aspectos teniendo en cuenta la experiencia durante el periodo de aplicación anterior. Igualmente, atendiendo a los nuevos objetivos de este Plan, deberán revisarse otros procedimientos que desarrollan en mayor detalle algunos aspectos clave para la mayor eficiencia del Plan, como la gestión de proyectos, evaluación de los mismos y seguimiento global de resultados de las actividades de I+D+i. La aplicación práctica de todo el sistema de gestión será, a su vez, objeto de seguimiento y consideraciones, para definir posibles cambios o mejoras adicionales que, en su caso, puedan surgir de la experiencia.

Como resumen de los nuevos criterios definidos para la gestión de actividades de I+D+i, 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+i; y potenciar y optimizar la información a toda la sociedad.

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+i.

V.1. COLABORACIÓN CON OTRAS ORGANIZACIONES

Los proyectos de I+D+i 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+i 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 tiene actividad relevante en aspectos de I+D+i relacionados con las funciones del CSN, han venido siendo un elemento fundamental para el desarrollo de proyectos de interés para el CSN. A lo largo del anterior Plan de I+D+i se ha mantenido una permanente colaboración a través de cátedras destinadas a la creación y difusión del conocimiento ligado a la seguridad nuclear y la protección radiológica. A lo largo del presente Plan de I+D+i está previsto establecer mecanismos para que esta colaboración continúe. Lo mismo cabe decir de las fundaciones dedicadas a la I+D+i, creadas por universidades u otras entidades públicas como las del ámbito sanitario.

- Respecto a entidades españolas dedicadas específicamente a la I+D+i, además del Ciemat que aporta al CSN apoyo técnico en diversos campos, existen otras entidades (mayoritariamente públicas), altamente especializadas, que también han venido colaborando con el CSN en el pasado de forma satisfactoria. Tal es el caso de entidades del CSIC (pe., el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, el Centre de Reserca 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 trabaje en proyectos más colaborativos, con mayor número de participantes y por lo tanto mayores sinergias. Además, se deberá continuar estableciendo mecanismos de colaboración de estas entidades con el CSN en aquellos proyectos en los que se participe con las Organizaciones Internacionales que se indican en el apartado siguiente.

Se deben fomentar y mantener estos grupos nacionales como apoyo al CSN y extender sus actividades a aplicaciones en situaciones reales que sean de utilidad para las actividades reguladoras.

V.1.2. Organizaciones internacionales

Una de las características de la I+D+i 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 ha te-

nido en cuenta como un aspecto fundamental las actividades y prioridades de los programas de I+D+i de diferentes entidades: organismos reguladores nucleares de otros países, entidades y plataformas tecnológicas, y entidades internacionales relevantes en la I+D en aspectos de interés para el CSN.

En el pasado, y en el momento presente, la participación del CSN en proyectos internacionales ha supuesto un porcentaje elevado del número total de acuerdos suscritos durante los anteriores Planes de I+D+i del CSN, y su importancia técnica es muy relevante, dado que suelen producir muchas más sinergias que los nacionales, y también suelen abordar temas de mayor complejidad por contar con un presupuesto mucho más elevado y que están más en la vanguardia del conocimiento.

El CSN mantiene un vínculo permanente con el Organismo Internacional para la Energía Atómica (OIEA), que emite documentos de referencia para todos los reguladores, y donde se participa en distintos desarrollos con países de todos los continentes. Es fundamental mantener los vínculos con el OIEA participando activamente en los foros en los que se desarrollan actividades de interés para el CSN y entre ellas las relativas a I+D+i a través de los denominados proyectos colaborativos, o CRP por su acrónimo en inglés.

La Unión Europea, a través de los diferentes programas marco, de Horizonte 2020 y el actual programa de I+D+i Horizonte Europa 2021-2027, busca trasladar los Objetivos para el Desarrollo Sostenible a las distintas políticas y países que la conforman. Las transiciones ecológicas, sociales y económicas que se van a impulsar suponen un reto para todas las instituciones públicas. En lo que afecta al Programa EURATOM dentro de este Horizonte, sus objetivos principales son el desarrollo de actividades de investigación y formación para reducir los riesgos ligados al uso de la energía nuclear, el desarrollo de nuevas tecnologías nucleares seguras y la protección óptima contra la radiación. Es un reto para el CSN, y en general para España, conseguir obtener retornos científicos de todos los proyectos financiados con fondos europeos. A esta actividad habrá que prestar especial atención durante el desarrollo del presente Plan de I+D, en colaboración con otras entidades del sector nuclear español.

Por otra parte, la Agencia para la Energía Nuclear de la OCDE (NEA en su acrónimo inglés) es la institución con la que el CSN tiene un mayor número de acuerdos internacionales para desarrollo de proyectos de I+D+i. Se trata de grupos de trabajo internacionales que buscan poner en común conocimiento y capacidades en muy diversos ámbitos, instando al desarrollo de nuevos códigos, mejoras en el diseño, análisis de posibles causas o efectos, creación de bases de datos mediante puesta en común de información, o trabajos en reactores expe-

rimentales, entre otros. Suponen una fuente de conocimiento para el CSN, son un instrumento de colaboración activa para aportar a otros países información de interés y, además, permiten las relaciones profesionales entre expertos e instituciones imprescindibles para cumplir con su cometido. Durante el desarrollo del presente Plan de I+D se continuará participando activamente en todos los grupos de trabajo y comités de la NEA.

Además de lo anterior, el CSN tiene suscritos acuerdos, protocolos o convenios con organismos nacionales de otros países que desempeñan funciones homólogas. De ellos, los más importantes son los contraídos con el organismo regulador de los Estados Unidos (Nuclear Regulatory Commission–NRC), y con el regulador francés (Autorité de Sécurité Nucléaire–ASN). Con estos organismos se intercambia habitualmente información y experiencia, además de celebrarse reuniones periódicas bilaterales.

Con la NRC, además de los acuerdos generales de colaboración entre ambas organizaciones, se mantiene 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 códigos de análisis radiológicos (programa RAMP). Estos programas permiten al CSN acceder a códigos de primera línea en esos temas y desarrollar conocimiento experto sobre los mismos, por lo que resultan de la máxima importancia. Además, permiten al CSN suscribir acuerdos de colaboración con otras entidades españolas que pueden acceder a los códigos, dando un valor añadido considerable a estos acuerdos con la NRC.

- Adicionalmente, el CSN participa puntualmente en proyectos de I+D+i 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.

V.1.3. Industria nuclear, universidades y hospitales

La colaboración con organizaciones de la industria, universidades y hospitales, algunas de las cuales mantienen una relación con el CSN como regulados, 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 propia 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+i en los que participan organismos reguladores, empresas eléctricas, centros de investigación y empresas de ingeniería, sin que este problema se plantee.

A lo largo del último Plan de I+D+i 2016-2020 la colaboración con los titulares se ha limitado a proyectos puntuales que se identifican normalmente, pero no solo, en el seno de las Plataformas CEIDEN y PEPRI. Con CEN Foro Nuclear existe un acuerdo marco vigente sobre actividades conjuntas de I+D+i, que facilita el establecimiento de convenios de I+D+i, pero que no ha tenido mucha actividad en los últimos años excepto en casos puntuales. Se podría decir que la actividad de los titulares de CC.NN. relativa a I+D+i se centra actualmente de manera casi exclusiva en su participación en EPRI. Se impone reflexionar seriamente sobre la necesidad de recuperar una mayor colaboración con los titulares en materia de I+D+i o bien darle un nuevo enfoque a este asunto (distinto del actual acuerdo marco con CEN Foro Nuclear). El nivel de detalle de la información relativa a la experiencia operativa de la que solamente disponen los titulares, resulta un claro ejemplo de las necesidades de información representativa y fiable que permita el aprovechamiento óptimo y con utilidad práctica, por ambas partes, de los resultados de los proyectos de I+D+i asociados a la temática.

No obstante lo anterior, las actividades conjuntas con los titulares de CC.NN. que se identifican de manera puntual en CEIDEN, y que eventualmente incluyen también a otras entidades (como ENRESA, ENUSA, UNESA, ENSA, Empresarios Agrupados, GNF Engineering, Tecnatom, etc.), han arrojado resultados satisfactorios y se deberían continuar potenciando. Del mismo modo, las actividades de I+D+i llevadas a cabo a través de convenios con universidades y hospitales en materia de protección radiológica, que surgen de forma directa entre el CSN y estas entidades o a través de PEPRI se seguirán potenciando.

En febrero de 2020 se firmó un instrumento multilateral de cooperación en I+D+i en el contexto de la energía nuclear entre el CSN y las entidades públicas CIEMAT, ENRESA, ENUSA y ENSA, con el objeto de promover y mejorar las aportaciones conjuntas en I+D+i.

V.1.4. Creación de redes de conocimiento

Muchos de los proyectos de I+D+i planteados durante los últimos años van dirigidos a crear redes para compartir experiencias, buscar protocolos comunes de actuación, o crear nuevo conocimiento en alguna materia específica.

En este sentido, se deberían establecer instrumentos de carácter permanente que garanticen el funcionamiento de dichas comunidades.

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

La participación del CSN en las Plataformas Tecnológicas de I+D+i 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+i del CSN y para las otras entidades participantes. Proporciona valor añadido en otros campos relacionados indirectamente con la I+D+i (como Formación y la Gestión del Conocimiento). Actualmente, algunos de los proyectos más relevantes de la cartera de actividades de I+D+i 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+i correspondientes.

Las actividades de CEIDEN se centran (aunque no en exclusiva) en aspectos relacionados con la seguridad nuclear. Adicionalmente, a nivel europeo existen diversas plataformas tecnológicas, tanto en el campo de la tecnología nuclear (SNTP), como en diversas áreas científicas relacionadas con la protección radiológica. En concreto, dentro del proyecto europeo EJP-CONCERT (European Joint Programme for the Integration of Radiation Protection Research), actualmente están las plataformas MELODI, ALLIANCE, EURADOS, EURAMED, SHARE 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. A través de CEIDEN se realiza un cierto seguimiento de las actividades de SNETP. No obstante, debería 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, al objeto de poder conseguir retornos técnicos de la I+D+i realizada con fondos europeos que sirvan a los objetivos del CSN, tal y como ya quedó reflejado en el apartado 5.1.2.

Respecto a las plataformas científicas en temas diversos relacionados con protección radiológica, el CSN conoce de sus desarrollos a través de la plataforma PEPRI, y participa puntualmente mediante convenios con otras entidades y con alguna de las plataformas mencionadas. 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+i que el CSN se plantee realizar en esas áreas.

En relación con actividades orientadas a la Protección Radiológica, la plataforma tecnológica PEPRI, en la que el CSN participa, y además ostenta la presidencia de la misma, supone el instrumento de puesta en común de inquietudes para el desarrollo de la cooperación y búsqueda de sinergias en el desarrollo de proyectos de I+D+i en este ámbito.

La plataforma PEPRI aglutina a múltiples instituciones investigadoras, tanto ligadas a la aplicación médica, como al uso industrial o al control medioambiental de la radiactividad. Juega por lo tanto un papel transversal con diversos objetivos, que van desde la minimización de los residuos radiactivos, la optimización de los tiempos en tratamientos médicos, o el mejor conocimiento de los efectos de la radiación. Además, se trata también de entidades que deben jugar un papel activo en posibles situaciones de emergencia.

Esta plataforma desarrolla múltiples actividades con la Sociedad Española de Protección Radiológica tratando así de dar la máxima difusión a sus desarrollos y debates. Por otra parte, a nivel internacional está imbricada en otras plataformas europeas, y sirve como canal para trasladar las capacidades españolas a proyectos financiados por la Unión Europea. Con todo ello busca crear sinergias entre las distintas instituciones españolas interesadas en esta aportación científica a nivel internacional.

Desde esta plataforma PEPRI se han lanzado proyectos que buscan mejorar la interrelación entre las distintas instituciones que deben dar respuesta en caso de una emergencia con implicaciones radiológicas. También se ha detectado la necesidad de crear redes que trabajen con protocolos debidamente establecidos y revisados. Con la aplicación de este Plan de I+D+i el CSN tratará de dar respuesta a estas necesidades.

Respecto a la participación del CSN en otros foros nacionales e internacionales de I+D+i, se debe valorar 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+i

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

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+i que el CSN ha realizado en los años 2012 y 2021, confirma 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.

Atendiendo a lo establecido en la Ley 38/2003, de 17 de noviembre, General de Subvenciones, el CSN ha aprobado su Plan Estratégico de Subvenciones 2021-2023 (ref. 11). En este Plan se establecen las líneas generales en las que se fundamentan las subvenciones, y que tienen como objetivos los siguientes: (1) Fomento de la investigación científica y técnica y la innovación en todos los sectores buscando la mejora del proceso regulador; (2) Fomento y mantenimiento de capacidades y conocimiento; (3) Actividades de divulgación.

Por otra parte, se han publicado las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la realización de proyectos de I+D+i relacionados con las funciones del CSN (ref. 12). Con esta resolución queda establecido un mecanismo para la concesión de subvenciones destinadas a I+D+i, y se podrán así aprobar sucesivas convocatorias de subvenciones durante la vigencia de este Plan.

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+i, 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+i. 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 añadido un especial énfasis en la búsqueda y optimización de los retornos asociados a dichos proyectos.

Los proyectos de I+D+i en los que participa el CSN tratan principalmente sobre temas relacionados con la seguridad nuclear y la protección radiológica. Dentro de los límites establecidos por las asignaciones presupuestarias disponibles, la selección y priorización de los proyectos de I+D+i que inicia el CSN se fundamenta 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 técnicos para las personas expertas del CSN que participan en el mismo, y aspectos tales como: la integración del proyecto en el conjunto de actividades de I+D+i del CSN, dentro de las áreas técnicas implicadas; 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

Uno de los objetivos del procedimiento de gestión de I+D+i es la identificación y aprovechamiento de los retornos (beneficios para la actividad reguladora del CSN resultantes de los proyectos de I+D+i). 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 aquello que corresponda (evaluaciones, normativa, etc.).

En los procedimientos que atienden a la gestión del Plan de I+D+i se incluyen actividades para desarrollar y documentar este aspecto. Los informes de verificación de retornos y de evaluación interna recogen los retornos específicos resultantes de cada proyecto, según las personas expertas los hayan analizado y considerado en los informes finales y de coordinación.

V.3.4. Asesoramiento externo e independiente (AEI, ANECA)

En lo que afecta a la gestión de este Plan, que supone una revisión respecto al anterior, se pretende implicar a otras instituciones públicas, con experiencia y capacidades estratégicas para la selección de proyectos y de talento. Estas instituciones pueden contribuir a elevar el nivel de excelencia, imbricar la I+D+i del CSN en la de otros organismos y entidades de investigación, y proporcionar soporte en la toma de decisiones.

El CSN realiza convocatorias de subvenciones destinadas a proyectos de I+D+i, como fórmula que cumple con el principio de concurrencia competitiva.

La Agencia Estatal de Investigación (AEI) es responsable de la financiación con fondos públicos de las actividades de I+D+i en España. Dada su experiencia, unida al desarrollo de instrumentos que permiten considerar todas las variables en los procesos de selección, los hace idóneos para asesorar al CSN en el proceso de selección de los mejores proyectos de I+D+i.

Por otra parte, el CSN quiere mantener equipos de investigación solventes y con capacidades en las universidades españolas, para lo cual plantea convocatorias abiertas destinadas a la financiación de cátedras en universidades españolas que dirijan sus objetivos hacia la seguridad nuclear y la protección radiológica. En el proceso de selección, la Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación (ANECA) va a servir como apoyo al CSN al tratarse de una entidad conocedora del contexto universitario y científico, y que establece unos principios y directrices para la evaluación de la calidad investigadora.

Además de dichos apoyos, como referencia, se atenderá a lo indicado en el Real Decreto Ley 36/2020, de 30 de diciembre, por el que se aprueban medidas urgentes para la modernización de la Administración Pública y para la ejecución del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia mencionado al inicio.

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+i en los que participa el CSN es uno de los aspectos fundamentales asociados a los mismos, por varias razones que se exponen a continuación.

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

Por otro lado, la difusión fuera del CSN es imprescindible para trasladar conocimiento a otras entidades potencialmente interesadas, a los miembros de la comunidad científica que puedan estar concernidos, y a la ciudadanía con carácter general. Este 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+i 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+i del CSN. Por último, desde una

perspectiva más general, la I+D+i tiene una componente transversal y, aunque se trate de conocimiento específico del ámbito nuclear o radiológico, puede aportar valor también hacia otros campos del conocimiento.

A este respecto, se prevé potenciar la difusión y diseminación de los proyectos de I+D, tanto interna como externa, 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 o seminarios de difusión en abierto, 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 haya realizado la coordinación y supervisión del proyecto. Estas sesiones tendrán también un carácter formativo por lo que se incluirán en el Plan de Formación.
- Adicionalmente, y dentro del ámbito de la mejora del proceso de gestión de la I+D+i realizada recientemente, y que enlaza con la gestión del conocimiento, se prevé recopilar de manera sistemática la documentación y datos experimentales generados por todos los proyectos de I+D+i 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 personas o entidades externas interesadas en los aspectos relevantes de las actividades de I+D+i del CSN.

Respecto a jornadas y seminarios, la Jornada de I+D+i 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:

- El programa de la Jornada de I+D considerará un resumen de las actividades de I+D+i del CSN del año anterior, los aspectos estratégicos respecto a las mismas que la dirección del CSN quiera transmitir, y dará tiempo de exposición a entidades relevantes que colaboran con el CSN en temas de I+D+i, en general, y en aspectos de gestión de conocimiento vinculada a la misma (p.e., plataformas tecnológicas, 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+i, resultados de particular significación de algún proyecto, etc.
- La diseminación pública de los resultados de proyectos específicos se realizará en jornadas temáticas, de las que se podrán organizar las que se estimen, con una agenda más centrada en la exposición técnica y científica por parte de los implicados en las actividades, con conclusiones, etc. de los diversos proyectos que se considere encajan mejor con la materia en cuestión.

El CSN considerará la posibilidad de elaborar publicaciones cuando se considere adecuado, analizando en cada caso la manera más adecuada de realizar la difusión.

Las grabaciones de jornadas, con las presentaciones realizadas y cuanta documentación se entregue a los participantes, tendrán una consideración pública como instrumento de difusión de conocimiento.

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

A nivel nacional, se promoverá el establecimiento de convenios marco de larga duración con universidades, centros de investigación y otras entidades públicas y privadas que faciliten la difusión e intercambio de resultados y datos experimentales. Estos convenios marco constituyen un paraguas adecuado para el cumplimiento de los acuerdos de confidencialidad relativos a proyectos de origen, y para facilitar en tiempo y forma el lanzamiento de proyectos y convenios nacionales específicos relacionados con dichos resultados.

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+i), de convocatorias de subvenciones, y de información resumida sobre las actividades de I+D+i del CSN (proyectos en curso y finalizados), además de vínculos con otras entidades que puedan ser de utilidad.

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 11/2009, 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.

3. Real Decreto 1440/2010, de 5 de noviembre, por el que se aprueba el Estatuto del CSN.

4. Plan estratégico del CSN 2020-2025.

5. Gobierno de España. "Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia" (27 de abril de 2021).

6. Gobierno de España. "España 2050. Fundamentos y Propuestas para una Estrategia Nacional a Largo Plazo" (mayo 2021).

7. Plan de I+D del CSN 2016/2020.

8. Ministerio de Ciencia e Innovación. Plan Estatal de Investigación Científica, Técnica y de Innovación 2021-2023.

9. Procedimiento de Gestión PG.IX.01 "Gestión del Plan de I+D del CSN".

10. Informe de Grupo SAREF (Senior Expert Group on Research Opportunities after Fukushima Accident).

11. Plan Estratégico de Subvenciones del CSN 2021-2023. Aprobado en reunión del Pleno de 19/05/2021.

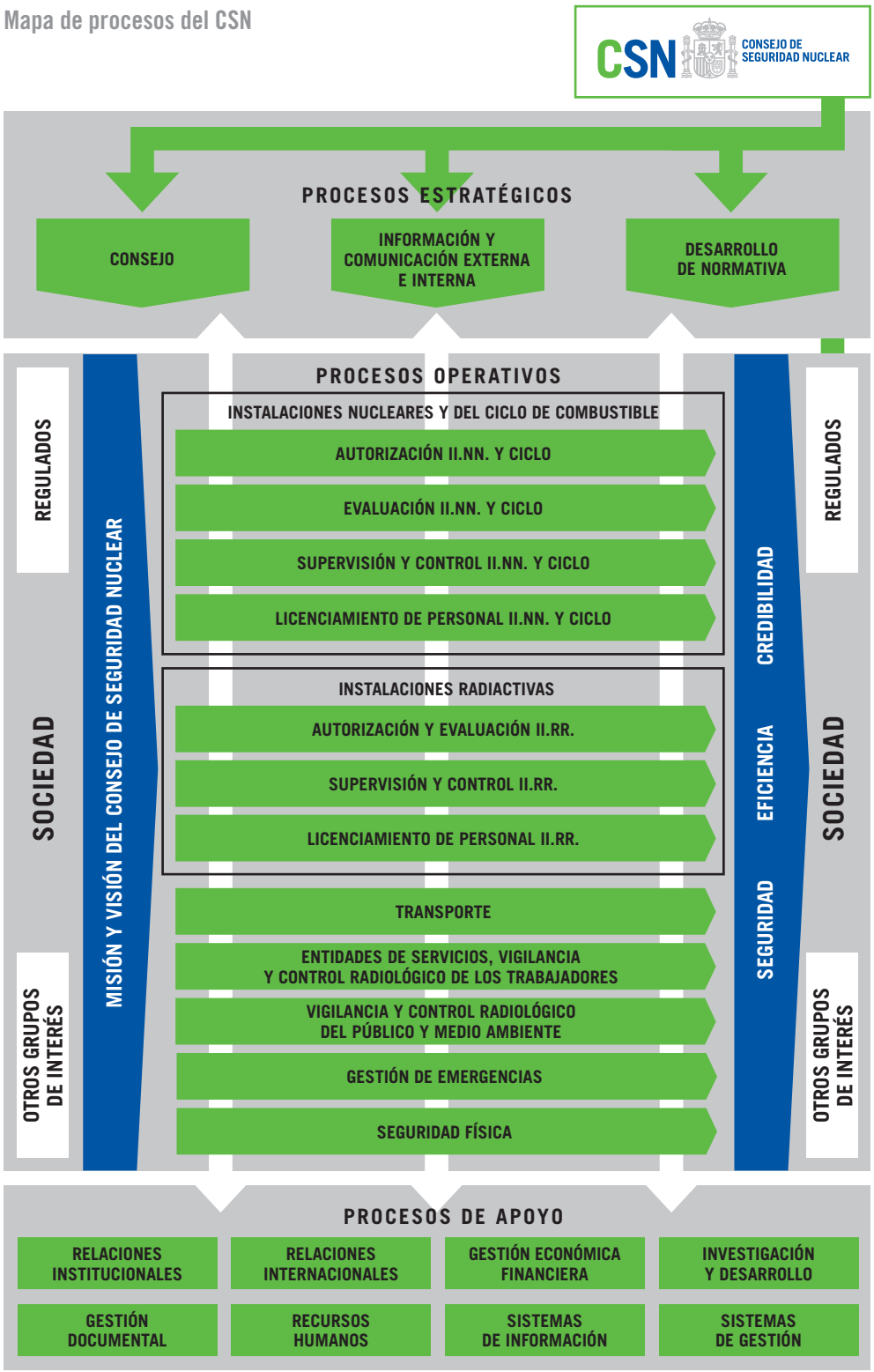
12. Resolución de 28 de mayo de 2021, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se establecen las bases reguladoras para la concesión de ayudas a la realización de proyectos de I+D relacionados con las funciones del organismo (BOE de 3 de junio de 2021).

13. Estrategia Española de Ciencia, Tecnología e Innovación 2021-2027. Ministerio de Ciencia e Innovación. Aprobada en Consejo de Ministros de 8/9/2020.

VII. Anexos

ANEXO I

Mapa de procesos del CSN



ANEXO II

Tabla de líneas estratégicas para la I+D+i del CSN relativas a la seguridad nuclear, a la protección radiológica y seguridad física, y con retornos transversales

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA SEGURIDAD NUCLEAR (apartado 4.1)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
EVALUACIÓN DE II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN Y CONTROL DE II.NN. Y CICLO	1.1. Métodos y herramientas de análisis y simulación. Códigos de simulación de incendios.	1.1.1. Programas termohidráulicos experimentales, verificación/validación y desarrollo de herramientas de simulación.
		1.1.2. Desarrollo de modelos de MELCOR de apoyo a los APS Nivel 1 y de Nivel 2.
		1.1.3. Utilización de códigos CFD ("Computational Fluid Dynamics"), de acuerdo con la tendencia internacional actual.
		1.1.4. Validación de códigos de cálculo de quemado de combustible. Mejora de las librerías de datos nucleares en los nuevos rangos de quemado más elevados.
		1.1.5. Métodos y herramientas de análisis y simulación de accidentes severos.
		1.1.6. 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").
	1.2. Metodologías de análisis de seguridad.	1.2.1. 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.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA SEGURIDAD NUCLEAR (apartado 4.1)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
EVALUACIÓN DE II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN Y CONTROL DE II.NN. Y CICLO	1.2. Metodologías de análisis de seguridad.	1.2.2. Desarrollo de nuevas capacidades y actualización de los modelos de APS.
		1.2.3. Factores humanos y organizativos: Actualización de los análisis de fiabilidad humana en los APS.
		1.2.4. Comportamiento humano, y factores humanos y organizativos, en condiciones accidentales.
		1.2.5. Gestión informada por el riesgo. Aplicaciones de los análisis probabilistas de seguridad.
		1.2.6. Desarrollo de mejoras en las herramientas de análisis para el nivel 2 de APS y cálculo de incertidumbres, para valoración de hallazgos y análisis de precursores.
		1.2.7. Desarrollo de métodos y herramientas para la información sobre los resultados de los APS y riesgo.
		1.2.8. Desarrollo de herramientas de cuantificación de modelos estandarizados de APS (OpenPSA, XFTA).
	1.3. Operación, almacenamiento y transporte del combustible, y gestión del combustible gastado.	1.3.1. Comportamiento del combustible nuclear en los diversos modos de operación (normal, transitorios y accidentes) y, en especial, el del combustible sometido a alto quemado.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA SEGURIDAD NUCLEAR (apartado 4.1)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
EVALUACIÓN DE II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN Y CONTROL DE II.NN. Y CICLO	1.3. Operación, almacenamiento y transporte del combustible, y gestión del combustible gastado.	1.3.2. 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).
		1.3.3. Seguimiento de la investigación internacional para el almacenamiento geológico profundo.
		1.3.4. Aplicación de las nuevas tecnologías en la definición y análisis de las variables geológicas a considerar en la selección y control de los emplazamientos nucleares.
		1.3.5. Desarrollo de mejoras que permitan mantener las propiedades de los elementos de combustible, cuando tienen mayores quemados, y/o mayores enriquecimientos.
		1.3.6. Desarrollo de combustibles resistentes a accidentes.
		1.3.7. Desarrollo de investigación e innovación en la mejora de combustibles nucleares. Diseño de combustibles avanzados.
	1.4. Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento.	1.4.1. Mecanismos de degradación de los materiales metálicos y estructurales, por la exposición a alta irradiación.
		1.4.2. Mecanismos de degradación asociados a la corrosión bajo tensión en todos los medios.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA SEGURIDAD NUCLEAR (apartado 4.1)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
EVALUACIÓN DE II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN Y CONTROL DE II.NN. Y CICLO	1.4. Comportamiento de materiales/gestión del envejecimiento.	1.4.3. Incertidumbres asociadas al mecanismo de degradación de fatiga teniendo en cuenta el factor ambiental.
		1.4.4. Incertidumbres de los procesos de calificación ambiental de cables siguiendo la normativa aplicable.
		1.4.5. Efectos de la irradiación y de la temperatura en hormigones estructurales.
		1.4.6. Activación de materiales por altas energías (proceso de fusión).
	1.5. Comportamiento frente a condiciones más allá de la base de diseño (incluidos accidentes severos).	1.5.1. Robustez de los sistemas eléctricos ante la ocurrencia de situaciones accidentales no previstas en su diseño.
		1.5.2. Riesgos derivados de sucesos externos (sismos y ocurrencia de tornados).
		1.5.3. 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.
		1.5.4. Desarrollo y aplicación de metodologías de cálculo de incertidumbres a la progresión de un accidente severo y su impacto en el análisis del término fuente.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA SEGURIDAD NUCLEAR (apartado 4.1)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
EVALUACIÓN DE II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN Y CONTROL DE II.NN. Y CICLO	1.6. La seguridad en los sistemas socio técnicos (tecnología, persona y organización).	1.6.1. 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.
	1.7. Experiencia operativa: Bases de datos.	1.7.1. Desarrollo de bases de datos y colaboración de análisis de experiencia en incendios.
		1.7.2. Utilización y desarrollo de bases de datos internacionales.
		1.7.3. Métodos y herramientas de apoyo a los análisis de experiencia operativa.
		1.7.4. Investigación de incidentes relevantes.
		1.7.5. Aplicación de la inteligencia artificial en investigaciones de experiencia operativa.
GESTIÓN DE EMERGENCIAS	1.8. Métodos y herramientas de apoyo en emergencias (análisis, diagnosis y prognosis de situaciones de emergencia). (Relacionada con la línea 10 de protección radiológica).	1.8.1. Utilización del APS de ayuda para el seguimiento de emergencias.
		1.8.2. Promover el uso de APS dinámicos para la consideración y análisis de posibles escenarios.
		1.8.3. Aplicación de supercomputación en I+D+i ligada a emergencias nucleares o radiológicas.
EVALUACIÓN DE II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN Y CONTROL DE II.NN. Y CICLO	1.9. Gestión de riesgos externos.	1.9.1. Análisis del riesgo sísmico en emplazamientos nucleares.
		1.9.2. Análisis del riesgo de tornados en emplazamientos nucleares.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
ENTIDADES DE SERVICIO, VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES	2.1. Detección y medida: metrología y dosimetría.	2.1.1. Dosimetría interna: actualización de los conocimientos y capacidades relativos a las técnicas ya disponibles (dosimetría mediante bioensayos,…).
		2.1.2. Dosimetría externa: incorporación de nuevos desarrollos y tecnologías (dosimetría OSL, dosimetría electrónica, teledosimetría, etc.) y mejorar las técnicas de dosimetría neutrónica.
		2.1.3. Metrología de campos de radiación especiales.
	2.2. PR en situaciones de exposición planificada (PR ocupacional.	2.2.1. 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	2.3. Evaluación del impacto radiológico al público y al medioambiente. Radioecología.	2.3.1. 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.
		2.3.2. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo del término fuente en accidentes severos. Estimación de las tasas de dosis en el interior (en los diferentes cubículos o zonas) y en el exterior (relacionado con Fukushima).

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE	2.3. Evaluación del impacto radiológico al público y al medioambiente. Radioecología.	2.3.3. Recopilación y análisis de datos experimentales que permitan el desarrollo y la validación de los modelos contenidos en códigos de cálculo para accidentes severos.
		2.3.4. Estudio de procesos y parámetros relevantes de transferencia de radionucleidos, de exposición y sobre los efectos de la radiación.
		2.3.5. Integración de la protección del hombre y del medio ambiente.
		2.3.6. Cuantificación de procesos clave en las transferencias de radionucleidos para determinar la exposición a la contaminación radiactiva de humanos y de especies no humanas.
		2.3.7. Determinación cuantitativa de las consecuencias ecológicas en condiciones realistas de exposición de los organismos.
		2.3.8. Mejorar la protección radiológica de la biota mediante integración de los sistemas de protección del hombre y del medio ambiente en los procesos de apoyo a la toma de decisiones, incluyendo las recomendaciones de la ICRP y de la OIEA en estas materias.
		2.3.9. Implementación de sistema de protección radiológica del medio ambiente.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE	2.4. Desmantelamiento de instalaciones.	2.4.1. Rehabilitación y restauración de terrenos y zonas contaminadas.
		2.4.2. Caracterización de parámetros físico-químicos y radiológicos de terrenos, orientada al desmantelamiento de instalaciones nucleares.
		2.4.3. Liberación de emplazamientos del control regulador.
		2.4.4. Gestión de efluentes generados en actuaciones de desmantelamiento o rehabilitación de emplazamientos.
	2.5. Situaciones de exposición existente en relación con la radiación natural.	2.5.1. Mapa de potencial de radón en España en zonas kársticas.
		2.5.2. Exhalación de radón de materiales de construcción. Impacto radiológico y medidas correctoras.
		2.5.3. Aplicación de la recomendación ICRP 137-parte 3 a la evaluación de dosis por radón en lugares de trabajo con condiciones extremas.
		2.5.4. Percepción pública del radón en España.
		2.5.5. Industrias NORM ("Naturally Occurring Radioactive Materials"): desarrollo de soluciones para la gestión convencional de residuos NORM.
		2.5.6. Evaluación de riesgos de instalaciones de residuos de industria extractiva, cerradas o abandonadas.
		2.5.7. Caracterización y rehabilitación de terrenos contaminados.
		2.5.8. Gestión de residuos NORM.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
ENTIDADES DE SERVICIO, VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE	2.6. Radiobiología.	2.6.1. Efectos de las dosis y tasas de dosis de radiación en la carcinogénesis y otros efectos como cataratas y enfermedades cardiovasculares.
NO RELACIONADO CON NINGÚN PROCESO	2.7. Protección radiológica del paciente[1].	2.7.1. Determinación del daño por radiación (citados en el punto anterior).
		2.7.2. Análisis de riesgo mediante la utilización de matrices de riesgo.
		2.7.3. Mejorar la medición/estimación de dosis ocupacionales en radiología intervencionista (relacionada con la línea estratégica 2. PR en situaciones de exposición planificada -PR ocupacional).
AUTORIZACIÓN II.NN. Y CICLO EVALUACIÓN II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN II.NN. Y CICLO AUTORIZACION Y EVALUACIÓN II.RR	2.8. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento definitivo.	2.8.1. 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.

1 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".

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
AUTORIZACIÓN II.NN. Y CICLO EVALUACIÓN II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN II.NN. Y CICLO AUTORIZACION Y EVALUACIÓN II.RR	2.8. Residuos radiactivos (muy baja, baja y media actividad). Sistemas de almacenamiento definitivo.	2.8.2. Desarrollo de metodologías para la evaluación de la seguridad a largo plazo de los almacenamientos de residuos radiactivos y estudio del comportamiento de los radionucleidos en los emplazamientos específicos de almacenamiento.
		2.8.3. Indicadores para el control regulador de los procesos de minimización de los residuos radiactivos generados en las instalaciones.
		2.8.4. Optimización de los procesos de calibración y puesta en marcha de equipos de medida para la desclasificación de residuos con contenido radiactivo.
		2.8.5. Conservación de la memoria, del conocimiento y de los registros sobre los almacenamientos definitivos de residuos radiactivos a través de las generaciones futuras.
SUPERVISIÓN Y CONTROL II.RR. VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE	2.9. Vigilancia radiológica ambiental.	2.9.1. Desarrollo de procedimientos rápidos para la vigilancia radiológica ambiental en emergencias.
		2.9.2. Optimización de métodos de ensayo en vigilancia radiológica ambiental.
		2.9.3. Optimización de metodología muestreo en vigilancia radiológica ambiental.
		2.9.4. Aplicación de la ciencia ciudadana como conocimiento dentro del control de la radiactividad ambiental.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
GESTIÓN DE EMERGENCIAS	2.10. Gestión de emergencias. (Relacionada con las líneas 1.5 y 1.8 de seguridad nuclear).	2.10.1. 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.
		2.10.2. 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.
		2.10.3. Gestión de la fase de recuperación post-accidente (ver línea estratégica 2.3).
		2.10.4. Preparación de la estrategia de respuesta ante emergencias.
		2.10.5. Epidemiología. Su aplicación a la gestión de la post-emergencia nuclear.
		2.10.6. Desarrollos de realidad virtual como herramientas de formación en emergencias radiológicas.
		2.10.7. Uso de drones durante la gestión de emergencias nucleares o radiológicas.
		2.10.8. Utilización de nuevas tecnologías en la toma de decisiones durante emergencias.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
SEGURIDAD FÍSICA	2.11. Seguridad física.	2.11.1. 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.).
		2.11.2. Desarrollo de técnicas y análisis forenses nucleares (aplicables a la investigación de escenarios de crímenes radiológicos).
		2.11.3. Determinación de la vulnerabilidad radiológica de las centrales nucleares españolas en explotación frente a amenazas informáticas.
		2.11.4. Análisis sociológicos y geoestratégicos sobre posibles nuevos escenarios a contemplar.
		2.11.5. Desarrollo de modelos matemáticos y códigos de cálculo para la determinación de la resiliencia de contenedores de combustible gastado para el almacenamiento en seco o para el transporte frente a munición y cargas huecas.
		2.11.6. Desarrollo de geolocalizadores de fuentes radiactivas por robo o extravío.
		2.11.7. Actuaciones frente a la intrusión de drones y uso de éstos para vigilancia y control del entorno.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS RELATIVAS A LA PROTECCIÓN RADIOLÓGICA Y SEGURIDAD FÍSICA (apartado 4.2)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
AUTORIZACIÓN II.NN. Y CICLO EVALUACIÓN II.NN. Y CICLO SUPERVISIÓN II.NN. Y CICLO ENTIDADES DE SERVICIO, VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DE LOS TRABAJADORES VIGILANCIA Y CONTROL RADIOLÓGICO DEL PÚBLICO Y DEL MEDIO AMBIENTE GESTIÓN DE EMERGENCIAS	2.12. Desarrollo y mejora de códigos de cálculo relacionados con la protección radiológica.	2.12.1. 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.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS CON RETORNOS TRANSVERSALES (apartado 4.3)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
DESARROLLO DE NORMATIVA AUTORIZACIÓN, EVALUACIÓN SUPERVISIÓN Y CONTROL DE LAS INSTALACIONES REGULADAS	3.1. Efectos del cambio climático.	3.1.1. Análisis de previsiones climáticas y sus efectos en las variables de diseño de instalaciones nucleares.
		3.1.2. Riesgo de tornados y otros fenómenos extremos no contemplados.
		3.1.3. Efectos del cambio climático sobre los emplazamientos nucleares..
		3.1.4. Cambios reguladores derivados del cambio climático sobre la seguridad nuclear y la protección radiológica
		3.1.5. Uso de nuevas tecnologías para predecir fenómenos extremos con efectos en las instalaciones nucleares y almacenes de residuos radiactivos.
CONSEJO INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA DESARROLLO DE NORMATIVA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO	3.2. Cultura de las organizaciones. Gobernanza, transparencia y participación.	3.2.1. Mejora de la cultura de seguridad en el regulador nuclear y en las instalaciones reguladas.
		3.2.2. Innovación pública en el sector nuclear.
		3.2.3. Desarrollos de procesos para gestionar conocimiento en el sector nuclear.
		3.2.4. Desarrollo y aplicación de técnicas de toma de decisiones en el ámbito regulador.
		3.2.5. Métodos para el establecimiento de límites reguladores de aceptación para los análisis de seguridad.

LÍNEAS ESTRATÉGICAS CON RETORNOS TRANSVERSALES (apartado 4.3)		
PROCESOS CSN	**LÍNEAS ESTRATÉGICAS**	**ÁREAS DE INVESTIGACIÓN**
CONSEJO INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN INTERNA Y EXTERNA	3.3. Agenda 2030. Desarrollo sostenible.	3.3.1. Desarrollo de un marco metodológico para la aplicación integrada de los ODS a la gestión del regulador.
		3.3.2. Análisis sociológicos sobre percepción pública y de trabajadores en el sector nuclear.
		3.3.3. Análisis de indicadores de igualdad de género en la selección y promoción interna dentro del sector nuclear.
		3.3.4. Mejora de sistemas de gestión en el regulador nuclear. Optimización y modernización.
		3.3.5. Búsqueda de sinergias con otras organizaciones públicas y privadas con las que compartir experiencias, recursos, formación, etc.
		3.3.6. Aceptabilidad del riesgo y cambios en la sociedad.
		3.3.7. Uso de la inteligencia artificial para explorar como los ODS intervienen en la regulación nuclear, tanto en el CSN como en otros reguladores.
		3.3.8. Actuaciones innovadoras a desarrollar dentro del ámbito nuclear que atiendan a los ODS establecidos en la Agenda 2030.
INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO	3.4. Otras a determinar.	3.4.1. Nuevos licenciamientos (instalaciones de fusión nuclear y otras.

Plan de I+D+i del CSN 2021-2025

Colección Documentos I+D
26.2022

CSN CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR