

**ANEXO 1**

**CONVOCATORIA SUBVENCIONES 2022**

**LÍNEAS DE ACTIVIDAD DE I+D+i**

**LÍNEA 1: PROCESO DE CALIBRACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE EQUIPOS ASOCIADOS A LAS MEDIDAS DE DESCLASIFICACIÓN DE RESIDUOS.**

Objetivo	Establecer métodos de calibración y puesta en marcha de equipos de medida para ser utilizados en el proceso de desclasificación de residuos radiactivos.
Descripción	<p>Los procesos de desclasificación de residuos radiactivos constituyen un tema de evaluación e inspección del CSN que irá incrementando sus recursos con el tiempo, debido, fundamentalmente, al proceso paulatino de desmantelamiento de las instalaciones nucleares. La optimización de los recursos reguladores y la gestión eficaz de los materiales residuales constituirán desafíos aún mayores para todas las partes implicadas.</p> <p>Todos los procesos de desclasificación se basan en un criterio de decisión bien procedimentado que, a su vez, se fundamenta en un conocimiento parcial apriorístico del material residual y en la realización de una medida radiológica sobre el mismo. Esta medida de desclasificación debe ser calibrada caso a caso, usualmente mediante códigos basados en simulaciones de Montecarlo, lo cual constituye un problema debido a que el conocimiento apriorístico de todas las características del material desclasificable no es completo, sino sólo parcial, y la información necesaria para la calibración debe ser aproximada mediante estimaciones estadísticas e hipótesis de proceso.</p> <p>Para afrontar esta problemática se requiere un proceso informado de puesta en marcha antes de poder desclasificar, cuyo objeto no es otro que justificar la capacidad del método propuesto para acometer las medidas de desclasificación. Dicha puesta en marcha es diseñada y realizada en base a un patrón de desclasificación que se debe ajustar lo más posible a la naturaleza de los materiales residuales, pero que, a diferencia de éstos, es perfectamente conocido. Un resultado satisfactorio de la medida realizada sobre dicho patrón permite asumir que el método de medida es aceptable, si bien su aplicación sobre los materiales residuales reales está sujeta a una inevitable variabilidad y a incertidumbres en muchas de las variables que forman parte de la función de calibración. En ocasiones, dichas incertidumbres deben ser compensadas a través de hipótesis conservadoras o complejos procesos de producción y verificación.</p> <p>Establecer métodos de calibración y sistematizar la puesta en marcha de equipos de medida para el proceso de desclasificación, debe permitir un mayor conocimiento sobre las diferentes variables que afectan a las medidas de desclasificación, así como sobre su importancia relativa. Este conocimiento tendrá efectos positivos para el CSN, por minimizar el esfuerzo y el tiempo requerido para el desarrollo de las evaluaciones, y mejorar los resultados de éstas. Por otra parte, en el lado de los titulares de autorizaciones, debe contribuir a optimizar las fases de producción y verificación de los procesos de desclasificación, así como la potencial reducción de los costes asociados a los procesos de puesta en marcha.</p> <p>Este desarrollo deberá estar en línea con otros proyectos europeos llevados a cabo en los últimos años y estará en sintonía con las líneas directrices del futuro programa <i>Horizonte Europa</i> (2021-2027).</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 2: LAS DOSIS OCUPACIONALES COMO PARTE DE LA OPTIMIZACIÓN GLOBAL EN LAS PRÁCTICAS MÉDICAS INTERVENCIONISTAS.**

Objetivo	Utilizar los beneficios de la gestión conjunta de las dosis ocupacionales y las dosis a los pacientes en las prácticas intervencionistas mediante un sistema automático de gestión de dosis.
Descripción	<p>La Comisión Internacional de Protección Radiológica recomienda que la optimización en las prácticas intervencionistas se realice con una gestión conjunta de las dosis ocupacionales y las dosis a los pacientes.</p> <p>Hasta ahora, la optimización se ha realizado habitualmente de forma independiente para las exposiciones ocupacionales y las exposiciones médicas, pero en las prácticas intervencionistas existe una estrecha relación entre ambos tipos de exposiciones. Mayores dosis de radiación a los pacientes suelen implicar mayores riesgos ocupacionales.</p> <p>En determinados tipos de intervenciones complejas, los elementos de protección ocupacional (como las mamparas de protección suspendidas del techo) no se pueden utilizar con facilidad, y las dosis ocupacionales por procedimiento, pueden ser más elevadas de lo habitual.</p> <p>La relación entre las dosis ocupacionales y las dosis a los pacientes puede ser un indicador para la optimización, y a la vez, pueden plantear problemas éticos si las estrategias de protección ocupacional pudieran suponer mayores dosis de radiación para los pacientes (p.ej. alargando los procedimientos), o disminuyendo la eficacia del procedimiento clínico.</p> <p>Las medidas simultáneas de las dosis ocupacionales y las dosis a los pacientes permitirían analizar diferentes estrategias de optimización a través del cociente de ambos indicadores de dosis. Se podría identificar el impacto de la complejidad de determinados procedimientos y plantear mejoras en la protección ocupacional en esos casos, manteniendo los principios éticos referentes a la seguridad de los pacientes.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 3: DESARROLLO DE MEDIDORES DE RADIACIÓN EN CAMPOS GENERADOS DE FORMA PULSADA.**

Objetivo	Caracterización dosimétrica de las fuentes de neutrones pulsadas generadas mediante láseres ultraintensos.
Descripción	<p>En instalaciones novedosas, como el Centro de Láseres Pulsados Ultraintensos y Ultracortos (CLPU) y el Sincrotrón ALBA, se generan haces de radiación con incertidumbres.</p> <p>La producción de neutrones con láseres ultraintensos ha despertado un gran interés, así como la creciente demanda de fuentes de neutrones. Resulta limitado el número y alto el coste de las grandes instalaciones para la producción de neutrones. En los últimos años, se están estudiando diferentes esquemas para la obtención de neutrones mediante láseres ultraintensos. Una manera de obtener neutrones es inducir reacciones nucleares a partir de la aceleración de partículas cargadas (electrones y protones, o iones) con el láser.</p> <p>Para el uso de equipos generadores de haces láser se investiga la interacción de la luz coherente focalizada con la materia para la producción de radiaciones ionizantes, así como sus posibles aplicaciones industriales y médicas.</p> <p>En la actualidad, el flujo de neutrones de las fuentes generadas con láseres ultraintensos, como VEGA, puede ser algo inferior a lo requerido en las aplicaciones convencionales dentro de los diferentes campos: industria, medicina, o investigación. Sin embargo, el avance es extraordinario y los flujos medidos experimentalmente comienzan a ser relevantes para las aplicaciones convencionales.</p> <p>Entre los intereses actuales de CLPU está generar una fuente de neutrones con el láser VEGA para realizar la verificación de la instrumentación de medida de neutrones que poseen en la propia instalación.</p> <p>El objetivo que se plantea en esta línea es el de estudiar y desarrollar sistemas de medida de radiación más adecuados para la detección de esa radiación pulsada como la que se genera en el caso de láseres.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 4: ESTUDIO DEL CONTENIDO EN CARBONO (ESTABLE Y <sup>14</sup>C) DE MUESTRAS BIOLÓGICAS (VEGETALES DE CONSUMO HUMANO Y LECHE) EN ESPAÑA.**

Objetivo	Disponer de datos del contenido en Carbono total y del fondo de <sup>14</sup> C en muestras biológicas de productos para consumo humano procedentes del entorno de las centrales nucleares españolas, con el objetivo final de optimizar la vigilancia de este radionucleido dentro de cada Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental (PVRA) que desarrollan los titulares de las instalaciones, y para el Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental Independiente (PVRAIN) desarrollado por el CSN.
Descripción	<p>Las Guías de Seguridad del CSN 4.1 y 7.9 establecen que el PVRA debe proporcionar medidas representativas de niveles de radiación y de elementos radiactivos en aquellas vías de exposición, y para aquellos radionucleidos que, como resultado de la operación de la instalación, podrían dar lugar a una mayor exposición potencial a la radiación de los miembros del público. También debe servir para complementar el programa de control de efluentes, comprobando que las concentraciones de actividad medidas y los niveles de radiación no superan los esperados, por causa de los efluentes medidos y según los modelos aplicados para establecer los valores en las vías de exposición.</p> <p>Teniendo en cuenta que el <sup>14</sup>C es actualmente el principal contribuyente a la dosis por efluentes gaseosos en la mayoría de centrales nucleares españolas, por la vía de ingestión de vegetales y, en algún caso, ingestión de leche, está justificada la inclusión de este radionucleido, tanto en el PVRA como en el PVRAIN desarrollados alrededor de las instalaciones.</p> <p>En todos los estudios de los países que ya realizan esta vigilancia del <sup>14</sup>C alrededor de sus plantas (como Francia, Reino Unido, Bélgica o Canadá), así como en otras publicaciones de nivel internacional, se concluye que la vía óptima para llevar a cabo esta vigilancia en muestras biológicas es determinar la actividad de este radionucleido en relación al contenido total en carbono (Bq/kg C), de manera que se evite la variabilidad observada al emplear la unidad habitual (Bq/kg húmedo de muestra), debida precisamente al diferente contenido en Carbono según el tipo de vegetal que se analice. Esta variabilidad puede alcanzar los dos órdenes de magnitud, enmascarando la influencia de la instalación que emite el <sup>14</sup>C y dificultando enormemente la comparación de valores.</p> <p>Por su parte, para poder realizar una vigilancia completa del <sup>14</sup>C en el medioambiente alrededor de las centrales nucleares españolas, es importante disponer de un fondo de este radionucleido, al tratarse de un isótopo natural presente en el medioambiente. Es necesario llevar a cabo un estudio sobre las muestras biológicas previstas en el PVRA de cada central nuclear española, en zonas no impactadas por su operación, siendo de interés, al menos, las siguientes: lechuga, acelgas, almendras, olivas y leche de cabra. El número de muestras debe ser suficiente para poder cumplir el objetivo del estudio: conocer la actividad específica de <sup>14</sup>C, en términos de Bequerelios por kilogramo de Carbono (Bq/kg C), en el entorno de las centrales nucleares españolas. El estudio debe proporcionar un fondo radiológico de <sup>14</sup>C en las muestras biológicas descritas, en Bq/kg C, y el contenido en Carbono de las mismas.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 5: PROPUESTA DE METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN Y CALIBRACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DOSIMETRÍA INDIVIDUAL EN TÉRMINOS H<sub>p</sub>(3).**

Objetivo	Analizar el funcionamiento de los sistemas de dosimetría de cristalino disponibles en España, diseñar un protocolo específico para la caracterización de los mismos según la Norma IEC 62387 (2020), y proponer una metodología de calibración.
Descripción	<p>Desde que la Directiva 2013/59 redujo el límite de dosis equivalente en el cristalino a 20 mSv/año, la comunidad internacional ha venido analizando desde distintas perspectivas los retos que iba a suponer su implantación en la práctica. El CSN, por su parte, también ha subvencionado varios estudios relativos al desarrollo de metodologías para la estimación de las dosis al cristalino. A este respecto, se ha previsto emitir directrices en cuanto a la necesidad de que, determinados colectivos de trabajadores expuestos, queden sometidos a una vigilancia dosimétrica del cristalino mediante dosímetros individuales en términos de H<sub>p</sub>(3). En 2019 el CSN remitió una circular a todo "Servicio de Dosimetría Personal Externa" (SDPE) instándole a solicitar el reconocimiento oficial de los sistemas de vigilancia individual de dosimetría del cristalino.</p> <p>En primer lugar, sería necesario conocer el estado del arte de la dosimetría de cristalino en España, realizando una encuesta a los SDPE (material dosimétrico, porta-dosímetros, procedimientos de utilización, etc.).</p> <p>En segundo lugar, de cara al futuro reconocimiento de estos sistemas por el CSN, debería desarrollarse un protocolo para la caracterización de los dosímetros de cristalino que fije los criterios de aceptación a tener en cuenta en la evaluación. Este protocolo estaría basado en los resultados experimentales de un grupo de dosímetros seleccionados de entre los disponibles en los SDPE respecto a los ensayos establecidos en la Norma IEC 62387 (2020). Los resultados de este estudio, además de para definir el protocolo de caracterización, permitirían a los SPDE validar experimentalmente sus sistemas de dosimetría, al incluir irradiaciones en condiciones controladas.</p> <p>Por último, debería establecerse una metodología armonizada para la calibración de dosímetros de cristalino (fuentes, maniquí/es, número de dosímetros, etc.) en los laboratorios metrológicos de España.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 6: ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO NACIONAL EN DOSIMETRÍA BIOLÓGICA.**

Objetivo	Trabajar con los principales laboratorios españoles con experiencia en técnicas de dosimetría biológica para el establecimiento de un Protocolo común en Dosimetría Biológica, que permita mejorar la respuesta frente a situaciones de emergencia radiológica.
Descripción	<p>La dosimetría biológica es una herramienta necesaria para la estimación de dosis de radiación, y el triage o clasificación de personas que hayan podido estar expuestas. Después de un accidente radiológico la dosimetría biológica, basada en el análisis del daño genético radio-inducido mediante técnicas citogenéticas en linfocitos de sangre periférica, puede servir de ayuda para la estimación de la dosis de las personas afectadas. Una atención médica adecuada, tras una sobreexposición a radiación ionizante derivada de una situación accidental, requiere de la recopilación de diversa información: datos médicos dinámicos, datos de ensayos biológicos, y estimación de dosis a partir de dosímetros y de medidas de radiactividad. Todo ello con el fin de proporcionar un diagnóstico médico para el tratamiento del paciente y un valor de dosis para los registros de protección radiológica individual. La dosimetría biológica tiene por lo tanto un enfoque multi-paramétrico. Además, en el corto plazo, requiere de diversos controles: medida de la radiactividad y monitorización del paciente, observación de los síntomas prodrómicos y eritemas, recuento de células sanguíneas, y conteo mediante ensayos biológicos para determinar la posible contaminación.</p> <p>En España existen varios laboratorios con demostrada experiencia en dosimetría biológica aplicada a estimaciones de dosis de radiación absorbida. Trabajar para un protocolo común contribuye a poner conocimiento y experiencia entre los grupos de expertos, y contribuye a formar una red nacional que garantice la máxima eficiencia en el procesado y análisis de muestras biológicas para conseguir resultados rápidos y fiables. Todo ello ayuda a mejorar la respuesta del sistema en caso de una emergencia radiológica que lo requiera. Por otra parte, debe permitir consolidar capacidades de equipos de actuación en este ámbito a lo largo de todo el territorio nacional.</p> <p>El objetivo es promover el intercambio de prácticas y de procesos a la hora de realizar una valoración, y las actuaciones posteriores, para el caso en el cual haya ocurrido una emergencia con contaminación radiológica que tenga su efecto en personas a nivel interno. De todo ello debería obtenerse un protocolo que ayude a consolidar conocimiento y experiencia.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 7: INVESTIGACIÓN SOBRE CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO EN SECO.**

Objetivo	Avanzar en el conocimiento de las metodologías de cálculo aplicables al análisis del comportamiento de los contenedores de almacenamiento en seco de combustible gastado a largo plazo; plantear metodologías destinadas al mantenimiento de los contenedores atendiendo a los elementos de combustible dañados o la recuperabilidad de los mismos; abordar posibles problemas que se pueden presentar en procesos de licenciamiento por falta de normativa nacional o internacional.
Descripción	<p>Como posibles temáticas se mencionan las siguientes:</p> <p>(1) Métodos de análisis basados en la mecánica de la fractura para su aplicación en el diseño de contenedores.</p> <p>En recientes procesos de licenciamiento se han presentado diferentes dificultades para llevar a cabo las evaluaciones relacionadas con la problemática de los combustibles gastados que puedan estar afectados por diferentes procesos de degradación (como es el caso del combustible gastado con “<i>spalling</i>”) y su almacenamiento en contenedores, o con las metodologías de análisis aplicadas en el diseño de los contenedores en los que el solicitante ha presentado análisis basados en la mecánica de la fractura mediante alguna metodología no avalada por experiencias reguladoras previas.</p> <p>La consideración de ciertos mecanismos de degradación, tanto los ya conocidos como otros que puedan presentarse en un futuro derivados del envejecimiento, y que no hayan sido considerados en el diseño original, dificulta la evaluación de los análisis, tradicionalmente basados en cálculos de mecánica de la fractura determinista (DFM), normalmente muy conservadores. Esto ha dado lugar en el contexto internacional al desarrollo de aplicaciones basadas en análisis de mecánica de la fractura probabilista (PFM). En 2022 la <i>USNRC</i> ha publicado la <i>Regulatory Guide 1.245</i> que, conjuntamente con el <i>NUREG/CR-7278</i>, constituyen la base técnica aceptable para dicha organización a efectos del licenciamiento mediante la realización de análisis de PFM, no solamente aplicables al diseño de contenedores. Al margen de la experiencia en los EE.UU. podrían valorarse otras experiencias internacionales existentes como, por ejemplo, la desarrollada en Reino Unido para el estudio del comportamiento de los contenedores a largo plazo en almacenamientos geológicos profundos (AGP) a través de diagramas FAD.</p> <p>Se pretende desarrollar métodos aplicados al diseño de contenedores de combustible gastado basados en la mecánica de la fractura, ya sean deterministas o probabilistas, identificando el marco regulador en el que se basan y su compatibilidad con el marco regulador español.</p> <p>(2) Una segunda línea de actuación sería la investigación de metodologías destinadas al mantenimiento de los contenedores, considerando la previsible problemática de elementos de combustible dañados, o la recuperabilidad de los mismos.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 8: SISTEMAS ROBÓTICOS PARA LA INSPECCIÓN Y REPARACIÓN O MITIGACIÓN DE DEFECTOS EN CÁPSULAS DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE NUCLEAR GASTADO.**

Objetivo	Promover el desarrollo de tecnologías capaces de inspeccionar las cápsulas de acero inoxidable soldadas que se utilizan en los sistemas de almacenamiento de combustible gastado in situ, sin la necesidad de extraerlos de su módulo de hormigón.
Descripción	<p>Se trata de desarrollar sistemas robóticos que permitan reducir riesgos y dosis radiológica de trabajadores, mediante el acoplamiento de cámaras especializadas en dispositivos de inspección con pequeños vehículos operados a distancia. El sistema en su conjunto debe poder identificar cualquier presencia de grieta por corrosión bajo tensión, o precursor de ésta, y otras anomalías que puedan requerir una investigación adicional.</p> <p>Por otra parte, se plantea la necesidad de extender estas capacidades robóticas a métodos para reparación y mitigación de posibles defectos. Estas herramientas podrán servir a futuro para determinar estrategias frente a posibles contingencias que se puedan producir en escenarios de degradación del sistema de almacenamiento en seco, y para el mantenimiento de la seguridad de dicho sistema largo plazo.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 9: VALIDACIÓN/BENCHMARK Y APLICACIÓN DE CÓDIGOS DE PROPAGACIÓN DE INCENDIOS A SITUACIONES REALES DE PLANTA COMO APOYO A APS DE INCENDIOS Y PCI.**

Objetivo	<p>Consolidar la capacidad analítica de los escenarios de incendio y la comprensión de las simulaciones de escenarios realistas de interés para los objetivos del proceso regulador que lleva a cabo el CSN.</p> <p>Facilitar la participación en grupos nacionales e internacionales de prestigio y el intercambio de conocimiento con los agentes de perfil experimental y/o analítico en la comprensión de los procesos asociados al fuego y su propagación en los entornos de interés para el CSN.</p>
Descripción	<p>Se trata de realizar tareas de validación de códigos de propagación de incendios (FDS u otros) frente a experimentos de programas en los que haya participado o esté participando el CSN (NEA/OCDE etc.).</p> <p>Además, se busca extender estas validaciones a ejercicios “Benchmark” de comparación de simulaciones entre varias instituciones, además de comparación de diversas herramientas de simulación (véase FDS, FIREFOAM, CFAST, hojas de cálculo (FDT), etc.) para la calibración de los conservadurismos.</p> <p>Por último, se pretende desarrollar aplicaciones a escenarios de planta reales, o en experiencia operativa propia, y como apoyo a los Análisis Probabilistas de Seguridad frente a Incendios, además de servir para la validación del sistema de protección frente a incendios.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 Euros

**LÍNEA 10: INVESTIGACIÓN DE OCURRENCIA DE TORNADOS EN EL ENTORNO DE INSTALACIONES NUCLEARES Y DEL CICLO DE COMBUSTIBLE**

Objetivo	Realizar un estudio actualizado de la climatología de tornados en España (tornados terrestres y trombas marinas), a partir de la investigación y análisis de registros históricos y recientes, considerando específicamente las áreas próximas a cada una de las instalaciones nucleares y del ciclo del combustible existentes.
Descripción	<p>Existe disponible un primer estudio sobre “Climatología de tornados en España Peninsular y Baleares”, elaborado por la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) y publicado en 2015. Su base de partida son datos registrados entre 2003-2012, aunque también considera registros históricos anteriores. Sus resultados se materializan en la descripción de una climatología básica de tornados y descargas eléctricas, además de identificar los parámetros meteorológicos clave asociados y proporcionar un mapa mejorado de densidad de tornados en España, y otro de zonificación o ‘riesgo relativo estimado’ de posibles tornados.</p> <p>Dado el tiempo transcurrido y la detección en ese periodo de la presencia de fenómenos de tornados en algunas zonas peninsulares, adquiere gran importancia la actualización del trabajo previo antes mencionado y realizarla considerando el marco de la evolución climática ya constatada actualmente, pero no bien conocida en sus tendencias y expectativas de cambio.</p> <p>Los resultados del trabajo actualizado de climatología sobre la ocurrencia de tornados en España, además de considerarse a escala peninsular, habrán de focalizarse particularmente, y en la medida de lo posible, en el entorno de los emplazamientos de las instalaciones siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Instalaciones nucleares: centrales nucleares de Cofrentes, Vandellós, Ascó, Almaraz, Trillo y Santa María de Garoña; emplazamiento de José Cabrera; Fábrica de Combustible de Juzbado; Centro de Almacenamiento de El Cabril.</li><li>• Instalaciones del ciclo del combustible, ya desmanteladas o en proceso de serlo: antigua Fábrica de Concentrados de Uranio de Andújar (FUA); Planta Quercus y demás instalaciones mineras de Saelices el Chico; emplazamiento restaurado de la Planta Lobo-G en La Haba.</li></ul> <p>El trabajo de investigación se extenderá, en lo posible, al conjunto de parámetros más significativos o indicadores de la evolución climática (temperaturas, precipitaciones, vientos fuertes, tornados y trombas marinas, etc.). El enfoque de los análisis se abordará con metodología probabilista, para llegar a obtener curvas de probabilidad de excedencia según zonas geográficas e identificar tendencias de evolución futura.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 €

**LÍNEA 11: MODELACIÓN 3D DE LOS SISTEMAS DE CONTENCIÓN Y SU INTERACCIÓN CON LAS GUÍAS DE GESTIÓN DE ACCIDENTE SEVERO PARA SU USO EN LOS APS NIVEL 2 Y EN LA GESTIÓN DE ACCIDENTES.**

Objetivo	Analizar, mediante un modelo 3D de contención de reactor PWR, la mutua interacción de los sistemas de contención (incluyendo los sistemas post Fukushima), considerando las Guías de Gestión de Accidentes Severos (GGAS), para valorar su influencia en el fallo temprano de la contención y en la gestión de accidentes.
Descripción	<p>Como resultado de la realización de las pruebas de resistencia tras el accidente de Fukushima en las centrales nucleares españolas, se han instalado recombinaidores catalíticos pasivos y venteo filtrado de la contención. Las GGAS incorporan dichos sistemas en las estrategias de gestión de estos accidentes. La consideración de estos sistemas en los APS Nivel 2 ha permitido la reducción de la probabilidad de fallo a largo plazo de la contención (ya sea por explosiones de gases combustibles o por sobrepresión, reduciéndose la Frecuencia de Grandes Liberaciones (FGL)). Sin embargo, estos sistemas pueden afectar al comportamiento de la contención a corto plazo e interactuar con otros sistemas (véase rociadores, enfriadores etc.), pudiendo alterarse las condiciones de la contención (composición local de la atmósfera de la contención, grado de inertización de la misma, presión y temperatura etc.). Por otro lado, la toma de decisiones, durante una situación de accidente severo en aplicación de las GGAS, se basa parcialmente en la concentración de hidrógeno en la contención, la cual no es homogénea, especialmente en el corto plazo. Por ello, es de interés analizar la representatividad de la información suministrada por la instrumentación de medida de concentración de hidrógeno, cuyos monitores se encuentran en ubicaciones fijas dentro de la contención. El comportamiento de estos sistemas y su fenomenología puede influir sobre las Frecuencias de Grandes Liberaciones Tempranas (FGLT) de los APS Nivel 2, y a las propias estrategias de Gestión del Accidente. Dado que estos sistemas no han sido instalados en plantas de los Estados Unidos, no se dispone de referencias de la NRC específicas para analizar sus efectos. Por otro lado, debido a la naturaleza local y tridimensional de estos fenómenos, los códigos tradicionales de "parámetros agrupados" serían insuficientes para la realización de estos análisis.</p> <p>Se pretende realizar tareas de modelación de los sistemas y estructuras de contención (rociadores, enfriadores, recombinaidores autocatalíticos pasivos, venteo filtrado etc.) que tengan influencia en los fenómenos asociados con los gases combustibles, al objeto de analizar la interacción de estos sistemas entre sí, y con la aplicación de las GGAS, considerando para ello las medidas de la instrumentación de contención. Este análisis se debe plantear mediante un modelo 3D de contención "genérica" PWR, que incorpore estos sistemas utilizando códigos 3D de Contención (por ejemplo: GOTHIC, <i>containment</i> FOAM, GASFLOW), de modo que sea posible capturar fenómenos locales y globales de contención. Este modelo se aplicaría con las GGAS a escenarios de accidente severo en contención a corto plazo, para obtener información de utilidad en los APS Nivel 2 y en la propia gestión de accidentes severos. Como resultado de esta línea se pretende disponer de un modelo 3D de contención PWR que contemple sus sistemas, y se obtengan valores de probabilidad de aplicación directa a los APS Nivel 2, con ventanas temporales de mayor o menor riesgo de fallo temprano de la contención.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 12: DESARROLLO Y APLICACIÓN DE METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE INCERTIDUMBRES A LA PROGRESIÓN DE UN ACCIDENTE SEVERO EN UN LWR Y SU IMPACTO EN EL ANÁLISIS DEL TÉRMINO FUENTE.**

Objetivo	Realizar análisis sobre las incertidumbres y la sensibilidad en los cálculos de progresión de un accidente severo, haciendo énfasis en los cálculos de término fuente y en su impacto sobre las actuaciones recogidas en las guías de gestión de accidentes severos (GGAS), y en las guías de mitigación de daño extenso (GMDE). Se deberán tener en cuenta los equipos FLEX recientemente incorporados a las plantas.
Descripción	<p>En el campo de la seguridad nuclear se dispone de una importante experiencia en el análisis de incertidumbres y estudios Best Estimate (métodos BEPU) en el campo de los códigos termohidráulicos (TH). Estos análisis se están extendiendo a otros campos de la seguridad nuclear como el comportamiento del combustible, la neutrónica, la termohidráulica de los subcanales etc. Más recientemente se están aplicando los análisis de incertidumbres a la progresión de un accidente severo, tanto en reactores nucleares como en piscinas de almacenamiento de combustible gastado. La USNRC ha empleado los análisis de incertidumbres en el proyecto SOARCA (“State-of-the-Art Reactor Consequence Analyses”) con objeto de identificar los parámetros de entrada con mayor influencia en la progresión del accidente, la liberación del término fuente al exterior y las consecuencias radiológicas. Ello sirve como apoyo a las actividades reguladoras derivadas del accidente de Fukushima. La UE, por su parte, ha puesto en marcha el proyecto MUSA (“Management and Uncertainties of Severe Accidents”) dentro del programa HORIZON-2020, muy centrado en la cuantificación del término fuente liberado al exterior.</p> <p>Esta línea de investigación pretende comprobar la aplicabilidad y viabilidad de extender las técnicas y aplicaciones BEPU desarrolladas en el contexto TH al ámbito del accidente severo. Ello conlleva una serie de pasos y actividades de índole metodológica (fundamentos estadísticos, identificación de escalado de experimentos, identificación y ranking de fenómenos vía PIRT, puesta a punto de herramientas, etc.) que habría que acometer previamente a la implementación y análisis.</p> <p>El objetivo es realizar tareas para alcanzar una aproximación armonizada para el estudio de las incertidumbres, y estudios de sensibilidad en los cálculos de progresión de un accidente severo. Especial énfasis se debe hacer en los cálculos de término fuente, y sobre el impacto de las actuaciones recogidas en las guías de gestión de accidentes severos (GGAS), tanto en lo que afecte al reactor como a las piscinas de combustible gastado de las centrales nucleares en operación. Además, se considerarán las guías de mitigación de daño extenso (GMDE), junto a los equipos FLEX recientemente incorporados a las plantas.</p> <p>Las aplicaciones que se realicen 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.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 euros

**LÍNEA 13: COMBUSTIBLE TOLERANTE A ACCIDENTES (ATF). MEJORAS EN LOS MÁRGENES DE SEGURIDAD DE LAS CENTRALES NUCLEARES DERIVADOS DE DESARROLLOS TÉCNICOS EN EL DISEÑO DE LAS VAINAS DE COMBUSTIBLE NUCLEAR.**

Objetivo	Estudiar los beneficios en materia de seguridad nuclear asociados al uso de materiales avanzados en las vainas de los elementos combustibles, durante su aplicación y posterior almacenamiento.
Descripción	<p>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 análisis subsiguiente ha dado lugar a una línea estratégica en países avanzados en materia de seguridad nuclear, derivada del desarrollo de los denominados “combustible tolerante a accidentes” (ATF por sus siglas en inglés). Su objetivo es la mejora en los márgenes de seguridad de la operación de los reactores nucleares.</p> <p>El desarrollo de ATF se centra en la mejora de las características termomecánicas y químicas de las vainas que alojan al combustible, o del propio combustible. Esta línea de I+D se centra en el estudio de mejoras en las vainas de combustible, identificando la casuística asociada a la tipología de los problemas existentes en las vainas actuales (oxidación, hidruración, spalling, etc.), y cómo las soluciones ligadas al uso de revestimientos (<i>coating</i>) metálicos mediante materiales con propiedades físico-químicas adecuadas, permiten mejorar el comportamiento del combustible nuclear en términos de margen de seguridad. Ello no solo en operación normal, sino también ante sucesos extremos, incluso más allá de la base de diseño de los combustibles actuales, y durante su posterior almacenamiento.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 €

**LÍNEA 14: CÁLCULO DE NEUTRONES RÁPIDOS CON VISTAS AL LICENCIAMIENTO DE INSTALACIONES NUCLEARES Y RADIATIVAS DONDE ESTÉN PRESENTES.**

Objetivo	Desarrollar aplicaciones para calcular los flujos de neutrones rápidos y de otras partículas que pudieran generarse en su interacción con la materia con el fin de garantizar la protección radiológica en instalaciones donde estos neutrones estén presentes, tales como las instalaciones relacionadas con la fusión, las de hadrón-terapia, los sincrotrones o los láseres ultraintensos dedicados a la generación de neutrones.
Descripción	<p>En el futuro próximo el CSN deberá licenciar instalaciones donde se generen neutrones rápidos. Será necesario hacer una estimación de la tasa de dosis generada por estos neutrones y por las emisiones de los materiales activados. Las propiedades de la interacción de estos neutrones con la materia y su capacidad de penetración son obviamente diferentes de los neutrones térmicos que aparecen en reactores de fisión. Para garantizar la seguridad y la protección radiológica será necesario, por tanto, desarrollar herramientas de cálculo de generación y transporte de neutrones, así como de la activación de los materiales debida al flujo de estos neutrones rápidos. Se requiere de desarrollos y uso de tecnologías computacionales avanzadas para los análisis nucleares y su contribución a las tasas de dosis.</p> <p>El objetivo será disponer de un paquete de herramientas de cálculo homologadas que sirvan para desarrollar estrategias de seguridad y de protección radiológica. Estas herramientas deben aportar regulación en el licenciamiento de futuras instalaciones, como el IFMIF-DONES, que presenta desafíos que estos métodos de cálculo podrían ayudar a resolver.</p> <p>Estos códigos se podrán utilizar en instalaciones de investigación para fusión (donde se trata con neutrones de energías del orden de 14 MeV), como IFMIF-DONES en España, o ITER y NIF a nivel internacional. Asimismo, buscan ser un avance en la caracterización de reactores de fusión comercial como DEMO. El liderazgo del CSN en este campo a nivel internacional tendría buenos retornos.</p> <p>Además, estos métodos y desarrollos podrían ser utilizados en otras instalaciones que se desarrollen en el futuro y que trabajen con neutrones rápidos, generados de forma directa o indirecta. Es el caso de fuentes de espalación, instalaciones de hadrón-terapia, o instalaciones de generación de neutrones a partir de láseres ultraintensos o de sincrotrones.</p>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 €

<b>LÍNEA 15: ANÁLISIS JURÍDICO DE LA REGULACIÓN NACIONAL SOBRE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA DEL MEDIO AMBIENTE.</b>	
Objetivo	Analizar la regulación existente en lo que afecta a la gestión del riesgo radiológico, a la protección radiológica del medio ambiente, y a los posibles efectos ambientales que se pudieran derivar tanto en el corto como en el largo plazo.
Descripción	<p>Con carácter general, la protección del medio ambiente es un elemento transversal de los objetivos de la Agenda 2030, siendo uno de los ejes que completan el aspecto social y el económico del desarrollo.</p> <p>La protección radiológica del público y del medio ambiente tiene por objeto prevenir y controlar el riesgo debido a la presencia de radiactividad en el medio ambiente, ya sea derivada de la operación de las instalaciones nucleares y radiactivas, o por otras actividades humanas que conllevan un incremento de la exposición a las radiaciones ionizantes. Además, debe gestionar o reparar los posibles daños al medio ambiente producidos, tanto por incidentes o accidentes nucleares y radiológicos, como aquellos derivados de malas prácticas en el pasado. Los efectos radiológicos tendrán consecuencias sobre generaciones futuras que no forman parte de la toma de decisiones, lo que debe ser tenido en cuenta en la regulación, atendiendo a una base ética y buscando nuevas fórmulas que atiendan al derecho ambiental.</p> <p>La responsabilidad por daños ambientales, ya sea administrativa, civil o penal, tiene sustento legal en el principio fundamental del derecho medio ambiental de que “quien contamina paga”, y en el artículo 45 de la Constitución Española, que consagra el derecho a gozar de un medio ambiente adecuado. No obstante, en la práctica, la dificultad en exigir esa responsabilidad ambiental es un problema reconocido a nivel internacional.</p> <p>Al objeto de considerar posibles avances en la regulación que contribuyan a mejorar la base jurídica, y al cumplimiento de las responsabilidades que pudieran derivarse de los posibles efectos radiológicos ambientales (teniendo en cuenta la protección de las personas y del medio ambiente <i>per se</i>), esta línea de investigación plantea:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Examinar la regulación existente vinculada con la producción de daños ambientales provenientes de incidentes o accidentes nucleares o radiológicos, así como de los derivados de malas prácticas del pasado.</li><li>• Analizar los delitos relacionados con la gestión de materiales nucleares o radiactivos que causen o puedan causar la muerte o lesiones graves a personas y/o daños sustanciales a la calidad del medio ambiente, incluyendo a las especies no humanas.</li><li>• Proponer cambios regulatorios que contemplen los efectos radiológicos también en el largo plazo, considerando una base ética, la participación ciudadana, la transparencia, y otros aspectos reguladores necesarios.</li></ul>
Aportación económica máxima por proyecto y para esta línea	100.000 €

## ANEXO 2

---

### SOLICITUD DE SUBVENCIÓN

---

### SUBVENCIÓN PARA LA REALIZACIÓN DE ACTIVIDADES DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO Año 2022

**TÍTULO DEL PROYECTO:**

**ENTIDAD SOLICITANTE:**

**INVESTIGADOR/A PRINCIPAL:**

**LÍNEA DE ACTIVIDAD EN QUE SE ENCUADRA:**

## SOLICITUD

### 1. 1. DATOS DE LA SOLICITUD

Título:

Duración:

### 1.2. DATOS DE LA ENTIDAD SOLICITANTE

Nombre:

Acrónimo:

C.I.F.:

Representante legal<sup>1</sup>:

Cargo:

Teléfono

Fax:

Correo electrónico:

Dirección postal completa:

Tipo de entidad

- UNIVERSIDAD PÚBLICA
- UNIVERSIDAD PRIVADA
- FUNDACIÓN DE UNIVERSIDAD PÚBLICA O PRIVADA
- ENTIDAD O INSTITUCION SANITARIA PÚBLICA
- ORGANISMO O ENTIDAD DEL SECTOR PÚBLICO DE COMUNIDADES AUTÓNOMAS
- ENTIDAD DEL SECTOR PÚBLICO INSTITUCIONAL ESTATAL

<sup>1</sup> Referencia al instrumento legal de otorgamiento del poder.

**1.3. DATOS DEL INVESTIGADOR/A PRINCIPAL DEL PROYECTO**

Apellidos y nombre:  
 Entidad:  
 Centro:  
 Departamento:  
 Teléfono:  
 Fax:  
 Correo electrónico:  
 Dirección postal completa:

**1.4. SUBVENCIÓN SOLICITADA**

**Costes de personal:**  
**Costes de ejecución:**  
**Costes indirectos:**

**TOTAL**

**EUROS**

La Autoridad que representa legalmente a la Entidad solicitante manifiesta su conformidad y declara conocer y aceptar las normas de la presente Convocatoria, por lo que autoriza la participación del personal de la Entidad en este proyecto, comprometiéndose a garantizar la correcta realización de la actividad, en el caso de que ésta sea financiada. Además, también autoriza en tal caso, la utilización de la información contenida en la solicitud para su inclusión y gestión en la Base de Datos Teseo, así como en la del órgano concedente, a efectos de lo previsto en la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Por último, autoriza al CSN para que obtenga de forma directa las certificaciones de que se encuentra al corriente de las obligaciones tributarias y con la Seguridad Social, a través de certificado telemático de acuerdo a lo establecido en el artículo 28.2. de la Ley 39/2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo común de las Administraciones Públicas.

Si el solicitante no autoriza la consulta citada en el párrafo anterior, debe marcar la casilla siguiente y aportar dichas certificaciones.

En a de de 2022

Fdo.:

Cargo:

(Firma del representante legal y sello de la Entidad)