

III. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

10897 *Resolución de 8 de julio de 2019, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se publica el Convenio con la Universidad de Barcelona, para la ejecución del Proyecto de I+D sobre «Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta».*

El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear y el Rector de la Universitat de Barcelona y Presidente de la Fundació Bosch i Gimpera, han suscrito, con fecha 2 de julio de 2019, un Convenio sobre el «Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta».

Para general conocimiento, y en cumplimiento de lo establecido en el artículo 48.8 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, dispongo la publicación en el «Boletín Oficial del Estado» del referido Convenio, como anejo a la presente Resolución.

Madrid, 8 de julio de 2019.—El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, Josep Maria Serena i Sender.

ANEXO

Convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear y la Universitat de Barcelona, para la ejecución de proyecto de I+D sobre «Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta»

REUNIDOS

De una parte, don Josep María Serena i Sender, Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear (en adelante CSN), cargo para el que fue nombrado por el Real Decreto 227/2019, de 29 de marzo («BOE» número 77, de 30 de marzo de 2019), en nombre y representación de este Organismo, con domicilio en la calle Justo Dorado, número 11, de Madrid, y número de identificación fiscal Q2801036-A.

De otra parte, don Joan Elías García, Rector de la Universitat de Barcelona (en adelante UB) y Presidente de la Fundació Bosch i Gimpera (en adelante FBG), en virtud del nombramiento por Decreto 329/2016, de 13 de diciembre («DOGC» 7267, de 15 de diciembre), como representante legal de estas instituciones en virtud de las competencias que están previstas en el Estatuto de la Universitat de Barcelona aprobado por Decreto 246/2003, de 8 de octubre («DOGC» número 3993, de 22 de octubre) y los vigentes estatutos de la Fundació Bosch i Gimpera con NIF G08906653.

Todos ellos intervienen para la realización de este acto por sus respectivos cargos y en el ejercicio de las facultades que, para convenir en nombre de las Entidades a que representan, tienen conferidas y, a tal efecto,

EXPONEN

Primero.

Que el CSN, como único organismo competente en materia de seguridad nuclear y protección radiológica, tiene legalmente asignada la función de evaluar el impacto radiológico de las instalaciones nucleares y radiactivas y de las actividades que impliquen

el uso de radiaciones ionizantes, así como la de controlar y vigilar la calidad radiológica del medio ambiente de todo el territorio nacional.

Segundo.

Que el CSN suscribe el presente Convenio en ejercicio de la función que le atribuye su Ley de Creación (Ley 15/1980, de 22 de abril) en su artículo 2, letra p), que es la de establecer y efectuar el seguimiento de planes de investigación en materia de seguridad nuclear y protección radiológica.

Tercero.

Que el Plan de Investigación y Desarrollo del CSN 2016-2020, aprobado por el Pleno del CSN en junio de 2016, establece como líneas de investigación dentro del ámbito de la protección radiológica: la «Protección del público y del medio ambiente», dentro de las cuales se enmarca el proyecto de I+D objeto de este Convenio.

Cuarto.

Que la UB, como institución de derecho público, tiene atribuida, entre otras, la función de colaborar con las administraciones públicas, instituciones y entidades privadas con la finalidad de elaborar, participar y desarrollar planes de acciones que contribuyan al progreso de la ciencia, de la difusión de la cultura y el desarrollo de la sociedad, y está interesada en colaborar con los sectores científicos y socioeconómicos de nuestro país.

Quinto.

Que el CSN y la UB han colaborado en el pasado para el desarrollo de diversos proyectos de investigación, dedicados a la protección del público y del medio ambiente. Estos proyectos se han desarrollado de forma satisfactoria para ambas partes.

Sexto.

Que, a la vista de los excelentes resultados obtenidos hasta ahora, el CSN y la UB consideran conveniente continuar realizando actividades conjuntas de investigación, encaminadas a profundizar en la mejor aplicación de la Directiva 2013/51/Euratom del Consejo, de 22 de octubre de 2013, por la que se establecen requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano.

Séptimo.

Que el Convenio supone una cooperación entre el CSN y la UB, en adelante las Partes, con la finalidad de garantizar que los servicios públicos que les incumben se prestan de modo que se logren los objetivos que tienen en común; y que el desarrollo de dicha cooperación se guía únicamente por consideraciones relacionadas con el interés público.

Octavo.

Que las Partes consideran que la colaboración entre ellas en este campo contribuirá al mejor cumplimiento de los objetivos propios de cada una de ellas, y aumentará el conocimiento científico y técnico en este ámbito en beneficio de todas las Partes.

Por todo ello, las Partes convienen en formalizar el presente Convenio específico con sujeción a las siguientes:

CLÁUSULAS

Primera. *Objeto.*

El objetivo general de este Convenio es la realización del Proyecto titulado «Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta».

El alcance de las actividades que se considera necesario realizar para alcanzar estos objetivos se detalla en la Memoria Técnica que se adjunta a este Convenio como anexo 1.

Segunda. *Vigencia y prórroga.*

El presente Convenio se perfeccionará por la prestación del consentimiento de las partes mediante su firma. Tendrá una vigencia de dos años contados a partir de su publicación en el «Boletín Oficial del Estado» previa inscripción en el Registro Electrónico estatal de Órganos e Instrumentos de Cooperación del sector público estatal.

Si fuera necesario variar su plazo de ejecución, el Convenio podrá ser objeto de prórroga (máximo hasta 4 años adicionales) por mutuo acuerdo de las partes, siempre que se respete lo establecido en el artículo 49, letra h, de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público y la prórroga sea compatible con las obligaciones presupuestarias legalmente establecidas. En este caso, se formalizará la oportuna Cláusula Adicional incluyendo las condiciones de la prórroga con anterioridad a la fecha del vencimiento del Convenio.

Tercera. *Obligaciones de las partes.*

Son obligaciones de la UB dentro de este Convenio:

- Realizar las actividades que se describen en la Memoria Técnica (anexo 1) que se adjunta, relacionadas con los objetivos descritos en la cláusula primera.
- Poner a disposición del Convenio el personal necesario para garantizar la máxima calidad de los trabajos en él incluidos. En caso de ser necesario un esfuerzo de personal mayor del que se ha estimado en el momento de la firma del Convenio, las Partes lo revisarán siguiendo lo indicado en la cláusula segunda.
- Contribuir a la financiación de los costes del Convenio en la forma que se describe en la cláusula quinta.
- Poner a disposición del CSN los resultados, métodos, códigos, metodologías, y, en general, toda la información que se genere durante la realización de las actividades objeto de este Convenio.
- Documentar los trabajos realizados dentro del Convenio, en la forma que se describe en la Memoria Técnica (anexo 1 a este Convenio).

Son obligaciones del CSN dentro de este Convenio:

- Contribuir a la financiación de los gastos del Convenio en la forma que se describe en la cláusula quinta.
- Poner a disposición de la UB los datos e información de que disponga y que pudieran ser necesarios para la realización de los trabajos.
- Aportar horas de dedicación del personal técnico que pondrá su conocimiento a disposición de los equipos de expertos, dirigiendo y supervisando las tareas y trasladando la visión reguladora durante todo el desarrollo del proyecto.

Cuarta. *Responsabilidad.*

De acuerdo con el artículo 49.e), de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, las consecuencias aplicables en caso de incumplimiento de las obligaciones y compromisos asumidos por cada una de las partes en el presente Convenio y, en su caso, los criterios para determinar la posible indemnización por el incumplimiento, se determinarán teniendo en cuenta las circunstancias concurrentes.

Quinta. *Presupuesto y financiación.*

El coste total del Convenio comprenderá las partidas correspondientes a: recursos humanos; amortización del material inventariable durante la ejecución del proyecto; material fungible; realización de viajes, asistencia a congresos; y publicación de los

resultados del proyecto. Las cantidades correspondientes a cada uno de estos conceptos se detallan en la Memoria Económica que se incluye como anexo 2 de este Convenio.

Sobre la base de estas cantidades, se obtienen unos costes totales para este proyecto de I+D plasmado en este Convenio de doscientos veinticinco mil ochocientos ochenta y ocho euros con treinta céntimos (225.888,30€). El CSN aportará la cantidad de cincuenta y dos mil seiscientos cuarenta y seis euros (52.646,00 €), que corresponde a un 23,3% del total citado. La UB aportará ciento setenta y tres mil doscientos cuarenta y dos euros con treinta céntimos (173.242,30 €), que supone un 76,7% del coste total.

La distribución de la contribución del CSN se establece en aportaciones anuales, correspondiendo a la aplicación presupuestaria con código 23.302.424M.640, abonándose cada uno de los pagos tras la correspondiente emisión por parte de la UB de la nota de cargo, en la forma y plazos que se detallan en la Memoria Económica.

La unidad administrativa que se hará cargo de la gestión derivada del proyecto, en cuanto a la UB será la FBG, oficina de transferencia de tecnología de la UB.

Las citadas cantidades serán satisfechas por el CSN previa entrega y aceptación de la documentación que se define en la Memoria Técnica y en la Memoria Económica, y se abonarán condicionadas a la previa existencia de crédito específico y suficiente en cada ejercicio, con cumplimiento de los límites establecidos en el artículo 47 de la Ley General Presupuestaria.

Estas condiciones económicas podrán ser revisadas en caso de producirse alguna modificación de las bases del Convenio y de sus contenidos técnicos y presupuestarios.

Tanto el CSN como la UB realizan en el mercado abierto menos del 20% de las actividades objeto de la cooperación.

Sexta. *Seguimiento del Convenio.*

El CSN y la UB crearán una Comisión de Seguimiento, designando respectivamente como Coordinadores Técnicos del Convenio:

Por el CSN: Doña Adriana Ortiz Gómez, de la Subdirección de Protección Radiológica Ambiental.

Por la UB: Dr. Jordi Fons Castells, del Departamento de Ingeniería Química y Química Analítica de la Universitat de Barcelona.

Los Coordinadores Técnicos serán responsables de controlar el desarrollo del Convenio y de adoptar, por mutuo Convenio, las decisiones necesarias para la buena marcha de las actividades contempladas en el mismo. Para ello, podrán asesorarse de los expertos que consideren oportuno.

Séptima. *Terminación y suspensión.*

El presente Convenio se extinguirá por el cumplimiento de las actuaciones que constituyen su objeto o por incurrir en alguna de las causas de resolución previstas en el artículo 51.2 de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público. Asimismo, las Partes, por motivos razonables, podrán rescindir o suspender temporalmente este Convenio, preavisando con al menos tres meses de antelación a la fecha en que la resolución deba ser efectiva.

En tal caso, el CSN y la UB se comprometen a abonar el importe de los trabajos y/o gastos incurridos comprometidos que según el Convenio corresponda abonar a cada una de estas entidades a los que ineludiblemente haya que hacer frente pese a la resolución del Convenio.

La UB entregará al CSN un informe de los resultados obtenidos hasta el momento de la interrupción, pudiendo utilizar libremente dichos resultados, siempre que se salvaguarden las condiciones estipuladas en las cláusulas séptima y siguientes.

Octava. *Confidencialidad.*

Las Partes conceden, con carácter general, la calificación de información reservada a la generada en aplicación de este Convenio, por lo que asumen de buena fe el tratamiento de restricción en su utilización por sus respectivas organizaciones a salvo de su uso para el destino o finalidad pactados o de su divulgación, que habrá de ser autorizada previamente caso por caso por cada una de las Partes.

Asimismo cada una de las Partes se compromete a mantener de forma confidencial la información y/o documentación que le haya sido facilitada por las otras Partes y que, por su naturaleza, o por haberse hecho constar expresamente, tenga carácter confidencial.

Esta obligación de confidencialidad se mantendrá en vigor una vez finalizado el presente Convenio.

La aplicación en otros proyectos de los conocimientos adquiridos por las Partes como consecuencia de su participación en este proyecto no estará restringida por ninguna condición adicional.

Novena. *Propiedad intelectual e industrial.*

Los derechos de propiedad industrial e intelectual que recaigan sobre los trabajos o resultados de las actividades que se realicen dentro del alcance de este Convenio pertenecerán exclusivamente a las Partes, como únicos titulares de los mismos, por lo que ninguna entidad podrá divulgar dichos trabajos o resultados ni realizar explotación alguna de los derechos reconocidos sobre los mismos, incluyendo su cesión a terceros, sin contar con la previa aprobación escrita de las otras Partes.

En caso de que se obtuviera algún beneficio económico derivado de los resultados de estas investigaciones, tendrán derecho al mismo todas las Partes, debiendo atenderse para su reparto al principio de proporcionalidad en función del porcentaje económico aportado por cada Parte.

La difusión de los resultados del proyecto, ya sea a través de publicaciones o de presentaciones en talleres, conferencias, o mediante cualquier otro medio, hará referencia a la financiación del proyecto por parte del CSN. El contenido de este párrafo permanecerá en vigor de forma indefinida una vez finalizado el presente Convenio.

Décima. *Modificación.*

Los términos del Convenio se podrán revisar o modificar en cualquier momento a petición de cualquiera de las Partes, de manera que puedan introducirse de mutuo Convenio tales modificaciones o revisiones.

Undécima. *Régimen jurídico y controversias.*

Este Convenio queda sometido al régimen jurídico de los Convenios, previsto en el Capítulo VI del Título Preliminar de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público, teniendo naturaleza administrativa.

La interpretación del Convenio se realizará bajo el principio de buena fe y confianza legítima entre las Partes, que convienen en solventar de mutuo Convenio las diferencias que pudieran presentarse en su aplicación. Para ello, surgida la controversia, cada parte designará un representante si bien, en el caso de no lograrse común Convenio, las Partes someterán la cuestión al conocimiento y competencia de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa, de conformidad con lo establecido en la Ley 29/1998, de 13 de julio, reguladora de la Jurisdicción Contencioso-Administrativa.

Habiendo leído el presente por sí mismos y hallándose conformes, lo firman por duplicado ejemplar y a un solo efecto en Madrid, a 2 de julio de 2019.—Por el Consejo de Seguridad Nuclear, el Presidente, Josep Maria Serena i Sender.—Por la Universitat de Barcelona, el Rector y Presidente de la Fundació Bosch i Gimpera, Joan Elias Garcia.

ANEXO 1

Memoria técnica*Convenio para la ejecución de actividades de investigación y desarrollo*

Título del proyecto de I+D: Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta.

Entidades que lo suscriben:

- Laboratori Radiologia Ambiental-Universitat de Barcelona-Fundació Bosch i Gimpera (LRA-UB-FBG)
- Consejo de Seguridad Nuclear.

Memoria técnica del Convenio

1. Resumen de la propuesta

El Convenio que se propone «Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta», pretende llevar a cabo el desarrollo de una aplicación que pueda ser distribuido y utilizado por diferentes laboratorios.

Esta aplicación, será la materialización y el retorno a la sociedad de los resultados obtenidos en un Convenio anterior financiado por el CSN («Metodología analítica rápida para la determinación simultánea de emisores alfa y beta mediante centelleo líquido») en el que se llevaron a cabo los estudios de viabilidad del uso de la deconvolución de espectros de centelleo líquido. En ese Convenio se obtuvieron unos resultados muy prometedores puesto que se alcanzó a determinar hasta 13 radionucleidos aplicando la estrategia propuesta en menos de 24 horas.

Una de las aplicaciones del *software* a desarrollar es la determinación de los radionucleidos contemplados en la Directiva 2013/51/Euratom del Consejo, de 22 de octubre de 2013, por la que se establecen requisitos para la protección sanitaria de la población con respecto a las sustancias radiactivas en las aguas destinadas al consumo humano.

2. Antecedentes

El grupo investigador del Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universitat de Barcelona (LRA-UB) trabaja desde 1982 en temas asociados con el impacto de metales pesados en el medio ambiente, y desde 1984 en temas de radiología ambiental. Desde 1995, el grupo de investigación es un Grupo Consolidado, reconocido por la Generalitat de Catalunya (Grupo QÜESTRAM-Calidad en la determinación de contaminantes prioritarios y evaluación de su comportamiento). Desde 1984, el LRA-UB lleva a cabo el Control de Calidad de los Planes de Vigilancia Radiológica Ambiental de la Central Nuclear de Vandellós y de Ascó.

La investigación en el campo de la radiología ambiental se inició con estudios metodológicos de determinación de radionucleidos alfa, beta y gamma. A raíz del accidente de la central nuclear de Chernóbil en 1986 se iniciaron estudios medioambientales y a partir del año 1990, en el marco de proyectos financiados por la Unión Europea en el área de Protección Radiológica (proyectos TARRAS y CANOPIES).

Al iniciar la Unión Europea un proyecto sobre la transferencia de radionucleidos en la zona afectada por el accidente de la Central Nuclear de Chernóbil, el grupo fue invitado a participar en un proyecto sobre la transferencia de radionucleidos en el medio terrestre y en especial en el medio agrícola (proyecto ECP2). El grupo de investigación también participó activamente en otros tres proyectos de la Unión Europea dentro del área de Protección Radiológica, los proyectos SAVE, RESTORE y REDUP.

Es amplio el trabajo del grupo en el campo de desarrollo y validación de metodología analítica. Asimismo, tiene una amplia experiencia en todo lo referente al control de la calidad en las medidas de radioactividad ambiental, la preparación de materiales de referencia y la participación en comités técnicos de normalización nacionales (AENOR) e internacionales (ISO). Como resultado de estas actividades cabe destacar la preparación de varios materiales de control de calidad para los ejercicios de intercomparación organizados por el CSN (CSN-2000, CSN-2005, CSN-2008, y desde el CSN-2010 hasta la actualidad con la última preparación del CSN-2017), la participación en numerosos ejercicios de intercomparación (nacionales e internacionales), y la participación en la elaboración y publicación de las normas UNE y normas ISO.

El grupo ha publicado en los últimos años numerosos trabajos de investigación sobre aspectos medioambientales y temas relacionados, y ha presentado su trabajo en numerosos congresos nacionales e internacionales. Asimismo, a dicha relación debe añadirse la ejecución de varias Tesis Doctorales y Másteres oficiales.

Dentro de la experiencia previa en base a la cual cualificar la capacidad de la UB-Fundación Bosch i Gimpera para llevar a cabo el presente Convenio y en su caso obtener unos resultados de calidad contrastada, debe señalarse que el citado LRA-UB, obtuvieron en 2006 la acreditación ante ENAC como laboratorio de ensayo. Concretamente, la acreditación 520/LE1117 para realizar «Ensayos de Radiactividad en aguas, biota, alimentos, suelos y soportes de captación atmosférica».

Gran parte de la actividad del grupo ha estado relacionada con la técnica del centelleo líquido. Desde los inicios de la espectrometría de centelleo líquido se intuyó el potencial de ésta para analizar mezclas de distintos radionúclidos. Los métodos para lograr éste fin han ido evolucionando desde los primeros, en los que se definían distintas ventanas de contaje para los distintos radionúclidos, hasta los últimos avances en los que se combinan métodos quimiométricos como redes neuronales artificiales (artificial neural networks (ANN)) y regresiones de mínimos cuadrados parciales (Partial Least Squares (PLS)). En general, los métodos para determinar distintos radionúclidos a partir de un único espectro pueden separarse en dos grandes categorías. Los métodos convencionales, que permiten discriminar un máximo de tres radioisótopos, y los métodos avanzados, basados en los avances computacionales que permiten la determinación simultánea de más de seis radioisótopos.

Los métodos convencionales fueron los primeros en desarrollarse. En este grupo se incluyen distintos métodos en los que se definen regiones de contaje o ventanas (método de exclusión y método de inclusión), y métodos basados en el centro de masas del espectro (método de crecimiento de descendientes, método de espectro completo y método de superposición digital).

Gracias a los avances en computación que permiten cálculos complejos en periodos muy breves de tiempo, se han desarrollado los métodos avanzados. Éstos aprovechan la potencia del cálculo numérico para realizar la deconvolución del espectro de centelleo líquido. Entre todos ellos cabe destacar los siguientes métodos: Método del valor más probable, método de deconvolución espectral, método de modelado desde una biblioteca de espectros, métodos basados en calibración multivariante y métodos híbridos.

En un anterior Convenio financiado por el CSN titulado «Metodología analítica rápida para la determinación simultánea de emisores alfa y beta mediante centelleo líquido en aguas» se realizaron estudios de viabilidad del uso de la deconvolución en espectros de centelleo líquido que proporcionaron resultados muy satisfactorios. En ese Convenio se combinaron distintos métodos rápidos junto con deconvolución de los espectros, utilizando calibración multivariante mediante modelos PLS (*Partial Least Squares*), para determinar la mayoría de los radionúclidos contemplados en el anexo III de la directiva 2013/51/EURATOM, recientemente traspuesta a la legislación española mediante el Real Decreto 314/2016. Los resultados obtenidos en este Convenio son prometedores puesto que se alcanzó a determinar hasta 13 radionúclidos aplicando la estrategia propuesta en menos de 24 h.

Sin embargo, esta estrategia es de difícil aplicación para otros laboratorios puesto que la deconvolución de espectros requiere de programas complejos que a fecha de hoy no existen a nivel comercial.

En el caso del Convenio anteriormente citado, las deconvoluciones se realizaron mediante «scripts» programados en Matlab™ (programa con licencia de MathWorks®). Estos scripts además de no estar pensados para la aplicación por usuarios externos, requieren de un programa de pago para su ejecución.

Por este motivo en este Convenio se plantea la creación de una aplicación, que permita este tipo de separaciones mediante el espectro de centelleo líquido y su distribución a los laboratorios que estén interesados.

3. Objetivos científicos, tecnológicos, ambientales, o de otro tipo

El objetivo científico que se pretende es el desarrollar una aplicación que permita la cuantificación rápida de emisores alfa y beta mediante la deconvolución de espectros de centelleo líquido. Con ello se asegura el retorno del conocimiento adquirido en el Convenio anterior «Metodología analítica rápida para la determinación simultánea de emisores alfa y beta mediante centelleo líquido en aguas».

4. Justificación del Convenio

El uso de la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la cuantificación de emisores alfa y beta específicos, ha mostrado ser de gran utilidad tanto para los espectros obtenidos de procedimientos no selectivos (determinación de los índices de actividad alfa total y beta total [1]) como para aquellos obtenidos con métodos selectivos (como separación mediante RAD disk [2] o extracción de estroncio [3]). El proceso de deconvolución de espectros de centelleo líquido permite aplicar este tipo de cuantificación para la determinación rápida de radionucleidos. En el caso de métodos de cribado permite prescindir de la separación radioquímica usando tan solo la separación mediante espectros. En otros casos, como podría ser la determinación simultánea de ^{89}Sr y ^{90}Sr , la deconvolución permite la separación espectral de radionucleidos que no pueden ser separados por procedimientos radioquímicos, y para los que es necesario alcanzar equilibrio secular con sus descendientes para poder determinarlo (en el caso citado aproximadamente 20 días para alcanzar el equilibrio entre ^{90}Sr y ^{90}Y).

Sin embargo, puesto que la deconvolución de espectros de centelleo líquido es una técnica relativamente nueva, ésta suele realizarse mediante prototipos de programas y algoritmos propios. Estos prototipos permiten la realización de estudios de viabilidad de los distintos procedimientos para la separación espectral, pero no están optimizados y son muy difíciles de utilizar por usuarios no implicados en su creación o con pocos conocimientos de programación. Por este motivo, actualmente los métodos de deconvolución en centelleo líquido son imposibles de aplicar para trabajo en rutina.

Es por todo ello que se precisa de programas informáticos que permitan realizar la deconvolución de espectros de centelleo líquido de una forma asequible para el usuario final.

Cubriendo esta necesidad en el Convenio presentado se plantea crear una aplicación que permita de forma simple (de un modo similar a los programas usados habitualmente para el tratamiento de datos para otras técnicas de medida) obtener la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la cuantificación de radionucleidos individuales.

De este modo se asegura el retorno del conocimiento adquirido en el anterior Convenio «Metodología analítica rápida para la determinación simultánea de emisores alfa y beta mediante centelleo líquido en aguas» creando un programa libre que podrá ser usado por todos los laboratorios interesados tanto a nivel nacional como internacional.

5. Metodología y plan de trabajo

El desarrollo de un programa informático o conjunto de aplicaciones se basa en el concepto llamado de ciclo de vida. Éste consiste en definir las distintas fases que se

requieren para validar el desarrollo de la aplicación, y por lo tanto, garantizar que el programa cumpla con los requisitos establecidos.

El objetivo del ciclo de vida en programación es detectar errores en las fases tempranas del desarrollo, donde es más fácil corregirlos y evitar que se den en la fase de implementación donde es muy costoso rectificarlos. De este modo se optimizan los esfuerzos de los desarrolladores, que pueden concentrar sus esfuerzos en mejorar la calidad del programa, los plazos de implementación y los costes asociados.

El ciclo de vida del programa puede dividirse en cinco fases, que serán también las fases del Convenio.

Fase 1: Análisis:

En esta fase se establece el producto a desarrollar, y se especifican los procesos y estructuras de datos que se van a emplear.

Algunos de los aspectos más importantes que se considerarán en esta fase son:

Formato de los datos de entrada: Se realizará una búsqueda bibliográfica de los espectrómetros de centelleo líquido más usados a nivel nacional e internacional. Se seleccionarán aquellos más frecuentemente utilizados y se analizarán los distintos formatos de datos de entrada dependiendo de que espectrómetro se utilice. Entre estos equipos se considerarán: Quantulus 1220, Quantulus GCT, Hidex 300 SL, Hidex 600 SL y TriCarb (con y sin discriminación α/β). El objetivo es que la aplicación pueda usarse en el mayor ámbito posible y que su uso no se restrinja a un único tipo de detector.

Selección del método de cálculo de actividad: Aunque se ha demostrado que la deconvolución usando calibración multivariante mediante modelos PLS proporciona resultados de actividad correctos, se estudiarán otros métodos de cálculo que no conlleven el uso de más información de entrada (solo los espectros de los patrones y el de la muestra). Entre los métodos de cálculo a considerar, además de la calibración multivariante con PLS, se encuentra el ajuste del espectro muestra a una combinación lineal de los espectros patrón usando regresión por mínimos cuadrados. Este método de cálculo podrá realizarse como prueba de que el resultado proporcionado mediante PLS es válido.

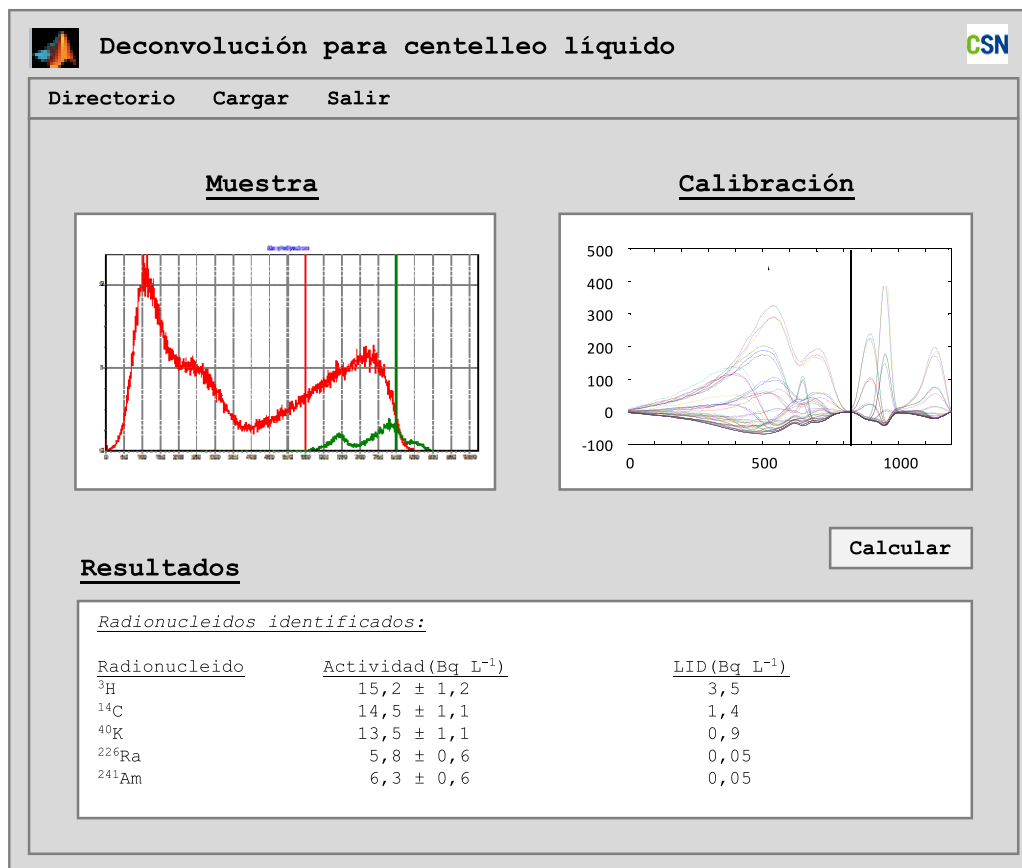
Selección del método para el cálculo de incertidumbre y límites de detección: En cuanto al cálculo de la incertidumbre asociada a la actividad de cada uno de los radionucleidos que se cuantifiquen a partir de un mismo espectro, se seleccionará aquel método que resulte más adecuado dependiendo del método de cálculo de la actividad seleccionado. Los métodos a estudiar irán desde aquellos específicos para un método de cálculo en concreto –como el uso del hotelling (T^2) para los modelos PLS– hasta métodos más generales como un modelado de la incertidumbre de contaje en cada canal del detector mediante simulaciones de Montecarlo. El estudio de la incertidumbre asociada a la medida servirá para calcular los límites de detección para cada uno de los radionucleidos siguiendo los criterios de la norma ISO 11929.

Modos de implementar deconvolución con muestras que presenten quenching: Se estudiarán distintos modos para contemplar el efecto del quenching químico y de color en el proceso de deconvolución de los espectros de centelleo líquido. Entre los métodos que se contemplarán se encuentran:

- Creación de modelos PLS para niveles de quenching específicos que habrá que seleccionar al realizar la deconvolución.
- Creación de modelos PLS que contemplen un intervalo de niveles de quenching.
- Modificación del espectro de entrada (espectro muestra) para equiparlo a un nivel de referencia de quenching.

Definición de los interfaces de usuario: Se determinarán los datos de entradas y salida del programa así como la interfaz que con la que el usuario interactuará con el programa. En la figura 1, se muestra un ejemplo simplificado de lo que debería contener la interfaz del programa.

Figura 1: Ejemplo de lo que podría ser el menú principal de la interfaz del programa para la deconvolución de espectros de centelleo líquido



Fase 2: Diseño:

En la fase de diseño se pretende alcanzar mayor precisión en la solución óptima de la aplicación, considerando los recursos físicos del sistema (periféricos, tipo de ordenador...) y los recursos lógicos (sistema operativo y bases de datos).

Este diseño se puede estructurar en cuatro etapas:

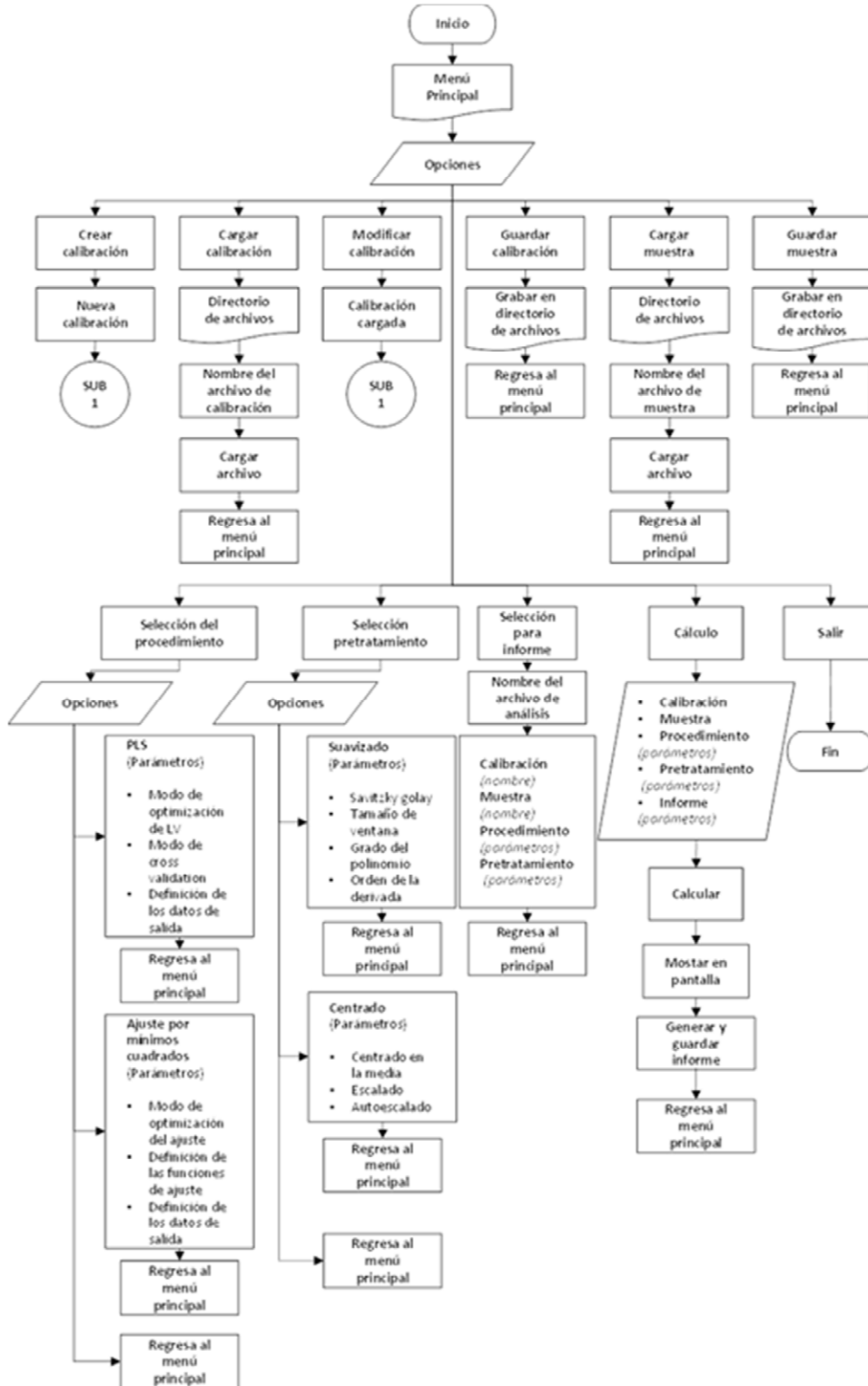
Diseño externo: Se especificarán los formatos de información de entrada y de salida. En la información de entrada se consideraran: espectros tanto de muestra como de patrones, actividades de los patrones, datos sobre la preparación de patrones y muestras e información extra sobre los parámetros de quenching entre otros. En la información de salida se contemplarán los datos mostrados en pantalla y los listados, y se considerará la opción de generar informes en formato imprimible.

Diseño de datos: Se establecerán las estructuras de datos de acuerdo con su soporte físico y lógico. En este caso se trabajara con matrices de datos que compilen los sets de calibración y los espectros de muestras, así como los resultados obtenidos para la deconvolución.

Diseño modular: Se diseñaran los distintos módulos que conformarán la aplicación final, así como las interconexiones entre ellos. A modo de ejemplo, en la figura 2 se muestra el diagrama de flujo que representa una versión simplificada del diseño modular de la aplicación que se pretende programar.

Diseño procedimental: En esta fase, se establecerán con mayor detalle las especificaciones de cada módulo, de forma que se facilitará la posterior codificación de dichos módulos en el lenguaje de programación seleccionado.

Figura 2: Diagrama de flujo que representa una versión simplificada del diseño modular de la aplicación que se pretende programar



Fase 3: Codificación o construcción:

La fase de codificación consiste en traducir los resultados obtenidos a un determinado lenguaje de programación, teniendo en cuenta las especificaciones obtenidas en las fases anteriores. Además, se deben realizar las pruebas necesarias para comprobar la calidad y estabilidad del programa.

En esta fase se seleccionará el lenguaje de programación más adecuado para el producto que se pretende conseguir. Los lenguajes que se considerarán son Python o C++.

Se realizará primeramente la codificación de los módulos independientes definidos en la Fase 2 y se procederá a la realización de pruebas unitarias (de los módulos individuales). De este modo se comprobará que cada uno de los módulos codificados realiza de forma correcta su tarea.

A continuación se pasará a las pruebas de interconexión, donde se comprobará el buen funcionamiento del conjunto de todos los módulos, y finalmente se procederá a realizar las pruebas de integración, que sirven para comprobar el funcionamiento correcto del conjunto de programas de la aplicación, es decir el funcionamiento del sistema completo.

Fase 4: Implantación:

Una vez terminadas las pruebas de integración, se dará por finalizada la fase 3 y se procederá a la implementación de la aplicación programada.

En esta fase se crearán los recursos necesarios para implementar la aplicación en los sistemas físicos donde tendrán que funcionar habitualmente y para ponerlos en marcha con el objetivo de comprobar su correcto funcionamiento.

Por un lado, se redactará un manual de usuario que resuma las funciones de la aplicación así como instrucciones para su instalación y uso. Por otro lado, a estas alturas del Convenio, ya se dispondrá de una versión funcional que se distribuirá entre todos aquellos laboratorios interesados.

En paralelo, se propondrá impartir un curso de formación a representantes de los distintos laboratorios interesados. En este curso, se presentará el programa, y se mostrará su funcionamiento a partir de ejemplos de distintos escenarios en los que la deconvolución de espectros de centelleo líquido sea de especial interés. Estos casos podrían ser:

- En el ámbito de la protección de las personas: Determinación de los radionucleidos contemplados el Real Decreto 314/2016 en aguas potables.
- En el ámbito de la protección del medio ambiente: Determinación rápida de ^{89}Sr y ^{90}Sr matrices ambientales, isótopos que no pueden separarse químicamente.
- En el ámbito del control radiológico asociado a desmantelamientos: Determinación simultánea de productos de activación como ^{59}Ni y ^{63}Ni que no pueden separarse químicamente.

Fase 5: Mantenimiento:

En esta fase serán de gran importancia los comentarios realizados por los usuarios de la aplicación para identificación de posibles errores no detectados en la fase de desarrollo, así como para la propuesta de mejoras. La fase de mantenimiento puede dividirse en las siguientes secciones:

Mantenimiento correctivo: Consiste en corregir errores no detectados en las pruebas anteriores y que pueden aparecer en el uso normal de la aplicación.

Mantenimiento adaptativo: Consiste en la modificación del programa a causa del cambio de entorno gráfico y lógico en el que está implementado (ordenadores de nueva generación o nuevos sistemas operativos). Puesto que la duración del Convenio es relativamente corta (2 años) y que en la fase de análisis se seleccionarán los recursos físicos y lógicos en los que trabajará la aplicación, no se espera tener que adaptar el programa a nuevos sistemas operativos. En el caso que la aplicación termine siendo usada por laboratorios para su trabajo en rutina, se contempla la posibilidad de realizar este tipo de mantenimiento, fuera del alcance del Convenio, realizando revisiones cada 5 años.

Mantenimiento perfectivo: Consiste en implementar mejoras sugeridas por los usuarios con propuestas sobre nuevas posibilidades y modificaciones existentes. Esta fase se realizará con la información recogida mediante encuestas realizadas a los usuarios del programa. Al terminar esta fase se dispondrá de una versión definitiva que se podrá distribuir por todos los laboratorios interesados.

6. Referencias

[1] Fons-Castells, J.; Tent-Petrus, J.; Llauradó, M. (2017) Simultaneous determination of specific alpha and beta emitters by LSC-PLS in water samples. *Journal of Environmental Radioactivity*, 166, pp. 195-201.

[2] Fons-Castells, J.; Oliva, J.; Tent-Petrus, J.; Llauradó, M. (2017) Simultaneous determination of ^{226}Ra , ^{228}Ra and ^{210}Pb in drinking water using 3M Empore™ RAD disk by LSC-PLS. *Applied Radiation and Isotopes*, 124, pp. 83-89.

[3] A. Heckel, K. Vogl. (2009) Rapid method for determination of the activity concentrations of ^{89}Sr and ^{90}Sr . *Applied Radiation and Isotopes*, 67, pp. 794-796.

Cronograma

	Primer año				Segundo año			
Fase 1: Análisis.	■	■	■	■				
Fase 2: Diseño.		■	■	■				
Fase 3: Codificación.			■	■				
Fase 4: Implantación.					■	■	■	■
Fase 5: Mantenimiento.						■	■	■
Redacción informe final.							■	■

7. Beneficios del Convenio, difusión y, en su caso, explotación de los resultados

Los productos científico-técnicos que cabe esperar del Convenio serán:

- La aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido, que permitirán la determinación de diferentes radionucleidos de forma rápida, reduciendo los tiempos de separaciones radioquímicas, de cantidad de reactivos, y especialmente el tiempo en obtener resultados, es decir en dar una respuesta.

- Además, se contempla la realización de un curso de formación con el objetivo de presentar la aplicación desarrollada para que pueda ser utilizada por otros laboratorios.

Así mismo, se llevará a cabo la difusión en los foros nacionales e internacionales mediante la presentación de resultados en reuniones y congresos relacionados con temas del control radiológico ambiental.

La explotación de los resultados, es decir de la aplicación desarrollada, podrá ser realizada por el CSN con la correspondiente distribución a los laboratorios interesados.

8. Capacidad del personal que va a realizar el programa o actividad

Dirección del Convenio:

La dirección del Convenio recaerá en Monserrat Llauradó Tarragó y Anna Rigol Parera. Montserrat Llauradó Tarragó está jubilada desde 1 de octubre de 2018 aunque mantiene su vinculación con el LRA como asesora externa y formará parte de la dirección del Convenio junto con Anna Rigol Parera, nueva directora del LRA.

Apellidos: Rigol Parera.

Nombre: Anna.

Titulación académica: Doctora.
Categoría profesional: Profesora Titular.
Experiencia:

Tesis doctoral: «Interaction of radiocaesium and radiostromtium in organic soils», en 1999.
Desde 2006 posee la Licencia de Supervisor de Instalaciones Radiactivas en el campo de aplicación de laboratorios con fuentes no encapsuladas.

Desde octubre de 2018 es directora del Laboratorio de Radiología Ambiental (LRA).
Su actividad investigadora se centra en estudios de interacción y comportamiento de radionúclidos y otros contaminantes persistentes en matrices ambientales, así como en el diseño de estrategias de restauración de zonas contaminadas. Desde 1993 ha participado de manera ininterrumpida en 8 proyectos de I + D del Plan Nacional, así como en 5 proyectos financiados por el Ministerio de Medio Ambiente. También ha participado en 10 proyectos internacionales, la mayoría financiados por el programa EURATOM, y en programas auspiciados por la Organización internacional de la Energía Atómica (EMRAS, MODARIA y MODARIA II). Ha publicado más de 60 artículos en revistas SCI y presentado más de 80 contribuciones en congresos mayoritariamente de ámbito internacional. Ha co-dirigido 6 tesis doctorales y múltiples Trabajos Fin de Grado de Química y Fin de Máster de Química Analítica.

Apellidos: Llauradó Tarragó.
Nombre: Montserrat.
Titulación académica: Doctora.
Categoría profesional: Profesora Titular.
Experiencia:

Incorporación en el Laboratorio de Radiología Ambiental en 1984.
Tesis doctoral: «Estudio por espectrometría gamma de alta resolución del efecto del accidente de la central nuclear de Chernóbil en Cataluña», en 1990.
Desde 1985: Participación en los PVRAIN alrededor de Ascó y Vandellós.
Desde 1997 hasta septiembre de 2018: Directora Técnica y Responsable del Sistema de Gestión de la Calidad del LRA.
Desde octubre de 2018 es asesora externa del LRA.
Participación en diferentes proyectos europeos y nacionales relacionados con el control radiológico ambiental.
Directora de varias Tesis Doctorales, Tesinas de Licenciatura, Trabajos Final de Grado y Trabajos Final de Máster.
Sus trabajos de investigación están relacionados con el desarrollo de nuevas metodologías analíticas para la determinación de radionúclidos en muestras ambientales.

Miembros del equipo investigador:

Apellidos: Tent Petrus.
Nombre: Joana.
Titulación: Doctora.
Categoría profesional: Técnico especialista.
Experiencia:

Tesis doctoral: «Determinació i especiació de radionúclids emissors gamma en material vegetal», en 1997.

Desde 2006 es Responsable Técnica del LRA.
Desde octubre de 2018 es Directora Técnica y Responsable del Sistema de Gestión de la Calidad del LRA.

Especialista en espectrometría gamma de alta resolución, centelleo líquido y espectrometría alfa.

Desde 1997 es también responsable del «Servicio de Análisis Isotópicos» de la Facultad de Química e integrante del Laboratorio de Radiología Ambiental (LRA) siendo

responsable técnico de la calibración, control, evaluación y mantenimiento continuado de los equipos del LRA, de la determinación de radionucleidos emisores gamma, tritio y radioestroncio en muestras de diversa procedencia y de la preparación de materiales de control de calidad para el control de las diferentes técnicas radioquímicas.

Especialista en el campo de la implementación de Sistemas de Garantías de Calidad en un laboratorio analítico.

Apellidos: Fons Castells.

Nombre: Jordi.

Titulación: Doctor.

Categoría profesional: Colaborador Investigador.

Experiencia:

Su actividad investigadora se inició en 2010 al incorporarse al Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universidad de Barcelona para realizar el máster en química avanzada, especialidad en química analítica en el que desarrolló métodos analíticos para la determinación de los índices de actividad alfa y beta total. En el transcurso de su tesis se ha especializado en la deconvolución de espectros de centelleo líquido, trabajo que le ha permitido alcanzar el grado de doctor en junio de 2017.

Tesis doctoral «Development of analytical methodologies for rapid determination of alpha and beta emitters by liquid scintillation spectrometry in water samples».

Máster Oficial «Optimización del método para la determinación de los índices alfa total y beta total en aguas por centelleo líquido», en febrero de 2011.

Colaboración en el PVRAIN alrededor de Ascó y Vandellós desde 2011.

Colaboración en Convenios de I+D.

Apellidos: González.

Nombre: Raquel.

Titulación: Doctora.

Categoría profesional: Ayudante investigador.

Experiencia:

Incorporación en el Laboratorio de Radiología Ambiental (LRA) en noviembre de 2016, como técnica teniendo funciones relacionadas con la determinación de radionucleidos emisores gamma, alfa, tritio, radioestroncio y índices alfa total y beta total en muestras de diversa procedencia, y las diferentes actividades del control de la Calidad.

Tesis doctoral: «Uso de residuos no peligrosos y aluminosilicatos para la remediación de suelos contaminados con metales pesados», en 2014

Máster Oficial «Uso de materiales para la remediación de suelos contaminados con metales», en 2009.

Participación en los PVRAIN alrededor de Ascó y Vandellós desde 2016.

Colaboración en proyectos de I+D.

9. Aportación del CSN

Para las tareas de supervisión y coordinación de este proyecto de I+D, el CSN designa a una técnica de la Subdirección de Protección Radiológica Ambiental (Adriana Ortiz Gómez), como experta conocedora de las aplicaciones de esta I+D a la función reguladora.

En principio, los recursos para esta coordinación se han estimado en 60 horas/año de dedicación, si bien dichas horas no se corresponden con horas de producción científica, por lo que no se cuantifican como aportación del personal del CSN al Convenio en la Memoria Económica.

ANEXO 2

Memoria económica

Convenio para la ejecución de actividades de investigación y desarrollo

Título del proyecto de I+D: Desarrollo de una aplicación para la deconvolución de espectros de centelleo líquido para la determinación rápida y simultánea de emisores alfa y beta.

Entidades que lo suscriben:

- Laboratori Radiologia Ambiental-Universitat de Barcelona-Fundació Bosch i Gimpera (LRA-UB-FBG).
- Consejo de Seguridad Nuclear.

1. Presupuesto de gastos

El Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universitat de Barcelona (LRA-UB) y la Fundació Bosch i Gimpera (FBG) aportarán la mayor parte de los costes relativos de parte del personal involucrado en el Convenio que se solicita, tal como se indica en la tabla 1.1. En concreto. Se trata de 2 Doctoras (personal estable) con un 40 % de dedicación al Convenio cada una de ellas; y 2 Doctores (personal contratado) con un 80 % de dedicación al Convenio.

1.1 Costes de personal.

Personal que participa en el Convenio	Salario bruto mensual (€) (A)	Seguros sociales mensuales a cargo de LRA-UB-FBG (€) (B)	N.º de meses (C)	Dedicación al Convenio (%) (D)	Coste Convenio (€) (E) (*)	Aportación LRA-UB-FBG (€) (F)	Aportación CSN (€) (G)(**)
Personal propio de la entidad solicitante LRA-UB.							
1 Doctora (Personal estable)	4.500,43	828,21	24	40	54.220,61	54.220,61	0,00
1 Doctora (Pers. Técnico estable) . . .	3.130,67	1.147,55	24	40	38.005,25	38.005,25	0,00
1 Doctor (Personal contratado) . . .	1.350,00	490,00	24	80	35.328,00	35.328,00	0,00
1 Doctor (Personal contratado) . . .	1.350,00	490,00	24	80	35.328,00	35.328,00	0,00
1 Técnico especialista (Personal contratado temporal)	1.350,00	490,00	24	100	44.160,00	0,00	44.160,00
Total					207.041,86	162.881,86	44.160,00

(*) El coste imputable al Convenio (E) es el resultado de $(A+B)*C*D/100$.

(**) El tanto por ciento de la ayuda sobre el coste (G) es el resultado de $(F/E)*100$.

Los porcentajes correspondientes a los costes de personal son los siguientes:

Aportación LRA-UB-FBG: 78,67%.

Aportación CSN: 21,33%.

1.2 Costes de ejecución.

Relacionado con los costes de ejecución el Laboratorio de Radiología Ambiental de la Universitat de Barcelona (LRA-UB), acreditado por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) para la realización de ensayos de radiactividad (alfa, beta y gama) en aguas,

biota, alimentos, suelos, sedimentos y soportes de captación atmosférica (acreditación n.º 520/LE1117), aporta el uso de las instalaciones y equipos relacionados a continuación:

Instalaciones	Equipos
- Laboratorio de pretratamiento de muestras . . .	- 2 detectores de germanio para espectrometría gamma.
- Laboratorio de preparación de muestras	- 2 Equipos de centelleo líquido Packard (1500CA y 2200CA).
- Laboratorio de medidas	- 1 Equipo centelleo líquido de bajo fondo Quantulus 1220.

Además de, el uso de otras instalaciones de la UB, de soluciones de patrones de radionúclidos, de reactivos, de material de laboratorio de uso frecuente, el uso de equipos y el mantenimiento equipos.

Seguidamente, en las diferentes tablas se detallan los costes relacionados con la ejecución del Convenio.

1.2.1 Costes de amortización de equipos.

Equipos y material inventariable de nueva adquisición	Valor de adquisición (€) (A)	Vida útil (años) (B)	Uso en el Convenio (%) (C) (*)	Aportación LRA-UB-FBG (€) (D) (**)	Aportación CSN (€) (E)
Detector Gamma	35.094,24	20	10	350,94	0
Detector Gamma	36.250,00	20	10	362,50	0
Centelleo líquido	24.000,00	20	10	240,00	0
Centelleo líquido	24.000,00	20	10	240,00	0
Quantulus	38.340,00	20	50	1.917,00	0
Total				3.110,44	0

(*) Cuando los equipos vayan a emplearse únicamente en el Convenio se pondrá 100. En cualquier otro caso, el % que se estime procedente.

(**) El coste imputable al Convenio (D) es el resultado de ((A)/(B))*n.º de años dedicado al Convenio*(C)/100.

Los porcentajes correspondientes de los costes de amortización de equipos son los siguientes:

Aportación LRA-UB-FBG: 100,00%.

Aportación CSN: 0,00%.

1.2.2 Costes de material fungible.

Concepto	Importe (€)	Aportación LRA-UB-FBG (€)	Aportación CSN (€)
Reactivos y patrones	6.000,00	6.000,00	0
Viales	150,00	150,00	0
Material uso común laboratorio	500,00	500,00	0
Total		6.650,00	0

Recoge las adquisiciones de material fungible de carácter específico tales como material de laboratorio, etc. No se incluye material de carácter general como material de oficina, etc.

Los porcentajes correspondientes a los costes de material fungible son los siguientes:

Aportación LRA-UB: 100,00 %.

Aportación CSN: 0,00 %.

1.2.3 Costes de viajes y dietas.

Concepto	Importe (€)	Aportación LRA-UB-FBG (€)	Aportación CSN (€)
1 congreso internacional	2.500,00	0,00	2.500,00
1 congreso nacional	700,00	0,00	700,00
2 Ayudas viaje Univ. Barcelona	600,00	600,00	0,00
Total	3.800,00	600,00	3.200,00

Los porcentajes correspondientes a los costes de viajes y dietas son los siguientes:

Aportación LRA-UB-FBG: 15,79 %.

Aportación CSN: 84,21 %.

1.2.4 Otros costes.

Concepto	Importe (€)	Aportación LRA-UB-FBG (€)	Aportación CSN (€)
1 curso formación relacionado con la aplicación del software	500,00	0,00	500,00
Total	500,00	600,00	500,00

Se incluyen los gastos de promoción y difusión, organización de jornadas, etc., y, en general, aquellos otros que tengan relación directa con el Convenio y se puedan justificar.

Los porcentajes correspondientes a otros costes son los siguientes:

Aportación LRA-UB-FBG: 0,00 %

Aportación CSN: 100,00 %

1.3 Costes indirectos.

Se imputan en concepto de costes indirectos un 10% máximo del total de costes directos (1.1+1.2) correspondientes a la aportación del CSN, sin necesidad de justificación.

Esta cantidad asciende a 4.786,00 euros.

2. Coste total del Convenio

Costes presupuestados	Coste Convenio (€)	Aportación LRA-UB-FBG (€)	Aportación CSN (€)
1.1 Costes de personal	207.041,86	162.881,86	44.160,00
1.2 Costes de ejecución.			
1.2.1 Amortización de equipos	3.110,44	3.110,44	0,00
1.2.2 Material fungible	6.650,00	6.650,00	0,00
1.2.3 Viajes y dietas.	3.800,00	600,00	3.200,00
1.2.4 Otros costes	500,00	0,00	500,00
1.3 Costes indirectos	4.786,00	0,00	4.786,00
Totales	225.888,30	173.242,30	52.646,00

Los porcentajes correspondientes a los costes totales son los siguientes:

Aportación LRA-UB-FBG: 76,7 %.

Aportación CSN: 23,3 %.

3. Calendario de pagos

La distribución de la contribución del CSN se establece en aportaciones anuales, correspondiendo a la aplicación presupuestaria con código 23.302.424M.640, abonándose cada uno de los pagos tras la correspondiente emisión por parte de la UB de la nota de cargo, en la forma y plazos que se detallan.

Los costes se distribuirán a lo largo de tres ejercicios presupuestarios, en la forma que se indica en la siguiente tabla:

Año	Importe (€)
2019	24.288,00
2020	24.838,00
2021	3.520,00
Total	52.646,00

El calendario de pagos del proyecto es el que se describe a continuación:

- Un primer pago por importe de 24.288,00 euros a efectuar durante 2019, un mes después de la firma del Convenio.
- Un segundo pago de 24.838,00 euros a efectuar durante 2020, a los 12 meses del primer pago.
- Un tercer pago de 3.520,00 euros en 2021, dos años después de la firma del Convenio, a la finalización de los trabajos.

Cada uno de los pagos se realizará previa entrega de la documentación (informes de progreso, informes específicos, artículos, comunicaciones...) que refleje los trabajos realizados en el periodo a que corresponde el pago, y que se ha descrito con más detalle en la memoria técnica. En lo que se refiere al último pago, se deberá presentar con un mes de antelación a la fecha prevista de pago un informe que resuma las conclusiones de la totalidad de los trabajos realizados dentro del este Convenio, haciendo referencia a toda la documentación generada a lo largo del mismo.