

III. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

- 2975** *Resolución de 18 de febrero de 2021, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se publica el Convenio con la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de Cantabria y la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, para la ejecución de proyecto de I+D sobre «Generación y validación de un modelo numérico para la predicción de la entrada de radón en edificios en base a una caracterización del terreno y a una definición tipológica de la construcción».*

El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, el Vicerrector de la Universitat Autònoma de Barcelona, el Vicerrector de Investigación y Política Científica de la Universidad de Cantabria y el Rector de la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, han suscrito, con fecha 15 de febrero de 2021, el Convenio sobre «Generación y validación de un modelo numérico para la predicción de la entrada de radón en edificios en base a una caracterización del terreno y a una definición tipológica de la construcción».

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, 18 de febrero de 2021.–El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, Josep María Serena i Sender.

ANEJO

Convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear, la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de Cantabria y la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria para la ejecución de proyecto de I+D sobre «Generación y validación de un modelo numérico para la predicción de la entrada de radón en edificios en base a una caracterización del terreno y a una definición tipológica de la construcción»

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 Pedro Justo Dorado Dellmans n.º 11 de Madrid y con número de identificación fiscal Q2801036-A.

De otra parte: Dr. Armand Sánchez Bonastre, Vicerrector de la Universitat Autònoma de Barcelona (en adelante UAB), según nombramiento del rector de 13 de noviembre de 2020, como representante de ésta, con domicilio social en Campus Universitari s/n, 08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallés) y con número de identificación fiscal (NIF) Q-0818002-H, en virtud de las competencias que le otorga las atribuciones que le confieren la resolución del rector de 23 de noviembre de 2020, para suscribir convenios y contratos de investigación.

De otra parte: Don Luigi dell'Olio, Vicerrector de Investigación y Política Científica de la Universidad de Cantabria (en adelante UC), con poderes suficientes para la celebración de este acto en virtud de Resolución Rectoral 23/2021 de Nombramiento de 9 de enero de 2021 y de Resolución Rectoral 35/2021 de Delegación de Competencias de 14 de enero de 2021, en nombre y representación de aquella, con

sede en la Avda. de los Castros s/n, 39005 Santander, y con código de identificación fiscal Q3918001C.

De otra parte: Don Rafael Juan Robaina Romero, Rector de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (en adelante ULPGC) según decreto 127/2016, de 16 de diciembre, publicado Boletín Oficial de Canarias (BOC) núm. 250 de 27 de diciembre de 2016, como representante de ésta, con domicilio social en la calle Juan de Quesada, 30, de Las Palmas de Gran Canaria, con CIF Q-3518001-G, en virtud de las competencias que le otorga el artículo 81 párrafo d) de los Estatutos.

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: IV.2.4 «Situaciones de exposición existente», y IV.2.11 «Desarrollo y mejora de códigos de cálculo relacionados con la protección radiológica», dentro de las cuales se enmarca el proyecto de I+D objeto de este Convenio.

Cuarto.

Que la UAB, la UC y la ULPGC, como instituciones de derecho público, tienen atribuidas, 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 están interesadas en colaborar con los sectores científicos y socioeconómicos de nuestro país.

Quinto. Que el CSN, la UAB, la UC y la ULPGC (en adelante las Partes) han colaborado en el pasado para el desarrollo de diversos proyectos de investigación, dedicados a la protección radiológica ambiental en lo referente a la radiación de origen natural. Estos proyectos se han desarrollado de forma satisfactoria para todas las partes.

Sexto.

Que, a la vista de los excelentes resultados obtenidos hasta ahora, todas las Partes consideran conveniente continuar realizando actividades conjuntas de investigación, encaminadas a profundizar en la mejor aplicación de la Directiva 2013/59/Euratom del Consejo, de 5 de diciembre de 2013, por la que se establecen normas de seguridad

básicas para la protección contra los peligros derivados de la exposición a radiaciones ionizantes.

Séptimo.

Que el Convenio supone una cooperación entre 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 con sujeción a las siguientes:

CLÁUSULAS

Primera. *Objeto.*

El objetivo general de este Convenio es la realización del Proyecto titulado «Generación y validación de un modelo numérico para la predicción de la entrada de radón en edificios en base a una caracterización del terreno y a una definición tipológica de la construcción».

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 A.

Segunda. *Obligaciones de las partes.*

Son obligaciones de la UAB, de la UC y de la ULPGC dentro de este Convenio:

- Realizar las actividades que se describen en la Memoria Técnica (Anexo A) 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 sexta.
- Contribuir a la financiación de los costes del Convenio en la forma que se describe en la cláusula cuarta.
- 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 A de 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 cuarta.
- Poner a disposición de las Partes 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.

Tercera. *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.

Cuarta. *Financiación.*

El coste total del Convenio comprenderá las partidas establecidas en la Memoria Económica que se incluye como Anexo B de este Convenio, correspondientes, entre otras, a: personal; 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 dicha Memoria Económica.

Sobre la base de estas cantidades, se obtienen unos costes totales para este proyecto de I+D plasmados en este Convenio de ciento ochenta y dos mil noventa y un euros con treinta y dos céntimos (182.091,32 €). Dada la naturaleza de este proyecto de I+D este importe está exento de IVA.

El CSN aportará la cantidad de 97.656,95 euros, que corresponde a un 53,6 % del total citado. De este importe total aportado por el CSN, 855,90 euros serán aportados como horas de trabajo realizadas por un experto. El resto (96.801,05 €) será aportación en metálico para cubrir diversos costes del proyecto.

La ULPGC aportará veintiséis mil ciento veintisiete euros con ochenta y dos céntimos (26.527,82 €), que supone un 14,6 % del coste total.

La UAB aportará veinticinco mil seiscientos setenta y dos euros con quince céntimos (25.672,15 €), que supone un 14,1% del coste total.

La UC aportará treinta y dos mil doscientos treinta y cuatro euros con cuarenta céntimos (32.234,40 €), que supone un 17,7 % 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 a cada una de las entidades participantes tras la correspondiente emisión por parte de cada una de ellas de la nota de cargo, en la forma y plazos que se detallan en la Memoria Económica (Anexo B).

La contribución económica de las universidades para este Convenio se realizará, según consta en la Memoria Económica, a través de las horas de trabajo de los equipos de investigación y del uso de equipamiento necesario.

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 las demás entidades firmantes de este Convenio realizan en el mercado abierto menos del 20% de las actividades objeto de la cooperación.

Quinta. *Seguimiento del Convenio.*

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

Por el CSN: Don Diego Fernández Candela, de la Subdirección de Protección Radiológica Ambiental.

Por la UAB: Dr. Lluís Font Guiteras, del Departamento de Física de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Por la UC: Dr. Carlos Sainz Fernández, del Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la UC.

Por la ULPGC: Dr. Jesús García Rubiano, del Departamento de Física de la ULPGC, quien además ejercerá como coordinador de este proyecto de I+D.

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. Dichos responsables podrán ser sustituidos por las Partes a las que representen.

Sexta. *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 acuerdo, tales modificaciones o revisiones.

Séptima. *Régimen jurídico.*

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 acuerdo 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 acuerdo, éstas someterán la cuestión a los tribunales competentes de la jurisdicción contencioso-administrativa.

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 obtuvieran ingresos económicos derivados de los resultados de estas investigaciones, tendrán derecho al mismo todas las Partes en la misma proporción, siendo no obstante necesario, antes de proceder al correspondiente reparto,

detraer de los citados ingresos el importe de los costes y gastos que cada una de las partes haya aportado al proyecto de conformidad con lo establecido en el presente Convenio.

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. *Protección de datos.*

La finalidad del tratamiento de los datos personales tendrá por objeto lo estipulado en la cláusula primera de este Convenio y la gestión administrativa del mismo. En desarrollo de tales finalidades, y en cumplimiento de lo previsto en el Reglamento General de Protección de Datos UE 2016/679 y la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos personales y garantía de los derechos digitales, cada una las Partes poseerá la condición de responsable del tratamiento.

La base legal para el tratamiento de los datos personales es la ejecución de este Convenio, así como su autorización para ejecutar el mismo y las finalidades que en éste se describen.

Los interesados podrán ejercer los derechos de acceso, rectificación, supresión, portabilidad, limitación u oposición al tratamiento aportando copia de un documento oficial que les identifique (NIF-NIE, Pasaporte), y si fuera necesaria, documentación acredita solicitud ante:

Consejo de Seguridad Nuclear.

Delegado de protección de datos del Consejo de Seguridad Nuclear.
Secretaría General.
C/ Pedro Justo Dorado Dellmans, 11.
28040-Madrid.

Universidad de Cantabria.

Gerente de la Universidad de Cantabria.
Universidad de Cantabria. Gerencia. Pabellón de Gobierno.
Avda. de los Castros n.º 54.
39005 Santander.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

Delegada de protección de datos dpd@ulpgc.es
Calle Juan de Quesada, 30.
35001 Las Palmas de Gran Canaria.

Universidad Autónoma de Barcelona.

Delegado de Protección de Datos de la UAB proteccio.dades@uab.cat
Edifici Rectorat.
Campus Universitari de la UAB.
08193 Bellaterra (Cerdanyola del Vallès).

En caso de reclamación, la autoridad competente es la Agencia Española de Protección de Datos.

El plazo de conservación de los datos será el de la vigencia del presente Convenio, sin perjuicio de lo dispuesto en la normativa aplicable.

Undécima. *Vigencia y prórroga.*

Este 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.

El CSN será responsable de los trámites para la publicación en el «BOE» de este Convenio.

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.

Duodécima. *Extinción 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, todas las Partes firmantes 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, y a los que ineludiblemente haya que hacer frente pese a la resolución del Convenio.

La ULPGC, a través del coordinador del proyecto, 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 Octava y siguientes.

Las Partes manifiestan su plena conformidad con el presente Convenio, en Madrid, a 15 de febrero de 2021.–Por el Consejo de Seguridad Nuclear, el Presidente, Josep Maria Serena i Sender.–Por la Universitat Autònoma de Barcelona, el Vicerrector, Armand Sánchez Bonastre.–Por la Universidad de Cantabria, el Vicerrector de Investigación y Política Científica, Luigi Dell’Olio.–Por la Universidad de las Palmas de Gran Canaria, el Rector, Rafael Juan Robaina Romero.

ANEXO A

Memoria Técnica

CONVENIO DE COLABORACIÓN ENTRE EL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR, LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA, LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Y LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA PARA LA GENERACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO NUMÉRICO PARA LA PREDICCIÓN DE LA ENTRADA DE RADÓN EN EDIFICIOS EN BASE A UNA CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO Y A UNA DEFINICIÓN TIPOLOGICA DE LA CONSTRUCCIÓN

Tabla de Contenidos

1. Introducción.
2. Antecedentes y estado actual del tema.
3. Objetivo.
4. Alcance.

5. Normativa y adecuación al Plan de I+D del CSN.
6. Actividades propuestas.
 - WP1: Selección de los casos de estudios para la validación de los modelos.
 - WP2: Caracterización tipológica sobre las características constructivas de los emplazamientos seleccionados.
 - WP3: Caracterización radiológica de los espacios interiores y del terreno de asiento.
 - WP4: Caracterización de la permeabilidad al gas del terreno de asiento en los casos de estudio.
 - WP5: Monitorización en continuo de presiones diferenciales, temperatura y presión atmosférica durante 6 meses en los emplazamientos.
 - WP6: Monitorización de los terrenos circundantes a la escombrera del emplazamiento de Saelices para caracterizar el caso de un terreno contaminado en el que se han realizado acciones de remedio.
 - WP7: Desarrollo de los modelos de simulación de los niveles de radón en recintos cerrados, adaptados a los emplazamientos.
 - WP8: Validación de los modelos de simulación.
 - WP9: Aplicación de los modelos a la valoración de la efectividad de medidas de migración.
 - WP10: Coordinación.
7. Cronograma. Duración del proyecto.
8. Difusión.
9. Referencias.
10. Recursos materiales y humanos.
 - 10.1 Recursos materiales previstos para realizar las actividades propuestas.
 - 10.2 Recursos humanos previstos para la consecución de las actividades propuestas.

1. Introducción

El radón ha sido objeto de control regulatorio en la Unión Europea y en otros países europeos siguiendo las recomendaciones de la ICRP 50 publicadas en 1987 que relacionan el riesgo de cáncer de pulmón con la exposición del radón en las viviendas y los lugares de trabajo. Los principios básicos de protección contra el radón se han actualizado y consolidado recientemente en la Directiva BSS 2013/59 /Euratom del Consejo Europeo basada en la ICRP 103. La nueva BSS es importante ya que implica por primera vez una obligación de desarrollar un marco regulatorio para trabajar activamente en la reducción de la exposición al radón no solo de los trabajadores, sino también del público en general y reducir el nivel de referencia para la concentración media anual de actividad en el aire hasta un valor máximo de 300 Bq/m³. En España se están desarrollando diversas acciones normativas para implantar un procedimiento efectivo de control de la exposición al radón en viviendas y lugares de trabajos, con especial énfasis en las zonas de mayor riesgo potencial debido a causas naturales o a suelos contaminados debido a actividades industriales. Para el desarrollo de esta normativa es necesario disponer de amplios estudios científicos que determinen los parámetros críticos y permitan definir niveles de acción y protocolos de actuación. Es en este contexto el en que se enmarca este proyecto de investigación que tiene como objetivo fundamental estudiar la validez de herramientas de simulación de los niveles de radón en locales cerrados, que integrando datos experimentales y de la literatura permitan, analizar diversos escenarios con el fin de desarrollar criterios de actuación.

2. Antecedentes y estado actual del tema

El principal foco de radón en recintos cerrados (en la inmensa mayoría de los casos) es el terreno, y la causa es su contenido natural en uranio y torio, a partir de los cuales se generará el ^{226}Ra que produce el radón en su proceso de desintegración. Así, mientras que los terrenos de origen basáltico poseen típicamente 1 ppm de uranio y 4 ppm de torio, las areniscas, al igual que los carbonatados poseen 0.5 ppm de uranio y 1.7 ppm de torio, los arcillosos poseen 3.5 ppm y 11 ppm respectivamente, los graníticos poseen 5 ppm de uranio y 12 ppm en torio, poseyendo un mayor potencial emisor de radón (Suárez Mahou et al., 2000). Se ha evaluado que una concentración $1 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ de radio, equivale a $1700 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ de concentración de actividad de radón en el suelo (Sun et al., 2004). Las concentraciones de radón en la mayoría de suelos de la corteza terrestre pueden variar en varios órdenes de magnitud. El radón se desplaza por el terreno hacia el interior de recintos cerrados principalmente por los mecanismos de difusión y advección, generados respectivamente por gradientes de concentración y de presión. Estos mecanismos son eficaces en mayor o menor medida dependiendo de propiedades del suelo tales como la porosidad, la permeabilidad al gas, la fracción de saturación de agua en los poros, o la presencia de grietas o fallas.

El radón penetra en las edificaciones a través de las grietas de los cimientos, a través de los cerramientos en contacto con el suelo, las paredes y huecos, e incluso por las propias cañerías de distribución de aguas. La presencia grietas muy pequeñas que incluso pueden ser invisibles en la losa de cimentación o en paredes bajo el nivel del suelo puede dar lugar a una importante infiltración de radón en el ambiente interior. Otros focos de radón son los materiales utilizados en la construcción de las viviendas, especialmente cementos de bajo coste y calidad realizados a base de escorias de la industria metalúrgica que contengan elevados niveles de ^{226}Ra . Una vez en el interior de un recinto cerrado, el gas radón puede salir al exterior a través de la ventilación del recinto, y/o redistribuirse entre las distintas habitaciones del edificio. Así, los niveles de radón en un recinto y su dinámica dependen básicamente de 3 grupos de parámetros y procesos:

a) La generación y transporte del gas en el medio en que se genera, ya sea el suelo o los materiales de construcción. Los parámetros más relevantes en el suelo son la permeabilidad al gas (debido a que el flujo advectivo es aceptado como el mayor contribuyente a los niveles elevados de radón) y el contenido en radio del suelo local, si bien la presencia de fallas y grietas favorece el transporte de radón a grandes distancias y por lo tanto permite niveles altos de radón en el suelo en lugares donde el contenido en radio sea bajo. La fracción de saturación de agua y la porosidad del suelo también juegan un papel relevante.

b) Las características de la interfase entre el suelo y el edificio. El diseño del edificio, la presencia de grietas en los cimientos, cañerías, mecanismos de ventilación forzada, etc. influyen en la resistencia que ofrece el recinto a la entrada de radón a través del suelo. La presencia de materiales de construcción ricos en radio recubiertos o no con capas de yeso, pintura o papel influirán de forma distinta en los niveles de radón.

c) El intercambio de aire entre las distintas salas del edificio y entre las salas y el aire exterior. Este intercambio dependerá, además de del diseño del edificio, de los hábitos de sus ocupantes y de los mecanismos de ventilación, calefacción y aire acondicionado.

Finalmente, las condiciones meteorológicas cambiantes afectan de forma dinámica a la mayoría de los parámetros y procesos descritos anteriormente. Si en un recinto cerrado las condiciones meteorológicas, la ventilación y el uso de calefacción o aire acondicionado no variaran en el tiempo, los niveles de radón llegarían a un estado estacionario.

La gran cantidad de parámetros y procesos involucrados en la generación de radón en la fuente (principalmente el suelo), transporte, entrada y acumulación en recintos

cerrados, así como las variaciones temporales que pueden aparecer debido a las condiciones meteorológicas y a los hábitos de los ocupantes hacen extremadamente difícil el desarrollo de modelos que permitan predecir o simular los niveles de radón y su dinámica. A esta dificultad intrínseca hay que añadir que la información detallada de las características estructurales de un edificio ya construido no está habitualmente disponible. Por estos motivos no es de extrañar que los estudios y modelos desarrollados hasta la fecha, independientemente de su grado de complejidad, ataquen el problema desde un punto de vista parcial, ya sea considerando el suelo adyacente como única fuente de radón bajo estado estacionario (Loureiro, 1987; Andersen 1992, 1999; Nazaroff, 1992; Nero y Nazaroff, 1984; Fisk et al., 1992, Gadgil, 1992; Sherman 1992; Wang y Ward, 2000) o asumiendo una entrada constante a través del suelo o los materiales de construcción y analizando las variaciones temporales en función de la ventilación o de los mecanismos que generan diferencias de presión (Man y Yeung, 1999; Al-Ahmady 1996; Arvela 1995; Capra et al., 1994). La mejora de las prestaciones de computación en los últimos años ha permitido el uso de los llamados modelos CFD (Computational Fluid Dynamics), los cuales mediante diferencias o elementos finitos resuelven las ecuaciones correspondientes a la conservación de la masa, de la energía, del momento y las ecuaciones de dispersión del radón (Zhuo et al., 2001, Urosevic et al., 2008, Chauan et al., 2014, 2015; de With y de Jong, 2011). Estos modelos permiten simular eficazmente la distribución del gas radón en distintos compartimentos de una vivienda tanto en el estado estacionario como en el dinámico, si bien es cierto que los parámetros que se utilizan en las ecuaciones se consideran constantes. Finalmente, por completitud, destacamos que el comportamiento de los descendientes del radón ha sido también modelizado mediante el modelo de habitación de Jacobi (1972), el cual considera la distribución de los descendientes de radón en una habitación como consecuencia de las tasas constantes de adherencia a los aerosoles, a las superficies, etc. (Nikezic y Stevanovic, 2004, 2007).

La aplicación de los distintos modelos en casos reales no es en general satisfactoria, debido en gran medida al gran número de parámetros y procesos que pueden influir y al desconocimiento de la estructura del recinto, a lo que hay que añadir la dificultad en caracterizar adecuadamente el terreno donde se vaya a emplazar el edificio, tal como ha quedado de manifiesto en el proyecto llevado a cabo recientemente en España y subvencionado por el CSN (Font et al., 2017). Sin embargo, el uso de modelos es de gran utilidad para complementar estudios experimentales y analizar los resultados obtenidos. El siguiente ejemplo muestra claramente la dificultad en un caso real:

Después de un suceso de lluvia, la fracción de saturación de agua en el suelo aumenta, lo cual en general hace aumentar la emanación del radón local hacia el espacio intersticial del suelo; y consecuentemente aumentar el nivel de radón en el gas del suelo. Sin embargo, los parámetros de transporte (coeficiente de difusión y permeabilidad) disminuyen en mayor o menor medida. El término fuente, pues, se hace más importante, pero la capacidad de migrar por el terreno hasta introducirse en el edificio disminuye. El resultado final en el recinto puede ser tanto un aumento como una disminución en la entrada de radón, dependiendo del tipo de suelo, de las características de la interfase suelo-vivienda y de la intensidad de la lluvia. Si la lluvia viene acompañada de un aumento de la velocidad del viento, la cuestión es más complicada, puesto que este viento puede aumentar la ventilación de la vivienda y disminuir el nivel de radón, aunque la entrada a través del suelo aumente. Este mismo viento puede aumentar la diferencia de presión entre el interior del recinto y el suelo, generando un gradiente de presión que aumente todavía más la entrada de radón. Así, la dinámica de los niveles de radón en el recinto no podrá nunca explicarse satisfactoriamente con un modelo parcial que, por ejemplo, tenga en cuenta la entrada a través del suelo sin considerar la ventilación. Si en la zona donde está la vivienda situada hay presencia de fracturas o fallas, éstas pueden dominar claramente el transporte de radón, que puede viajar distancias de hasta varios kilómetros e influir decisivamente en los niveles de

radón en el recinto independientemente de la fuente local de radón. En este caso las variaciones estacionales pueden ser determinantes (Moreno et al, 2016).

Con el fin de intentar resolver las dificultades en la modelización en situaciones reales, el grupo de la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) desarrolló a finales de los años 90 el código RAGENA (Font, 1997; Font et al., 2001; Font y Baixeras, 2003), un modelo de simulación tanto en estado estacionario como dinámico de los niveles de radón en recintos cerrados que contempla todas las posibles fuentes de radón y los parámetros y procesos que afectan a los niveles de radón y su dinámica, con el objetivo principal de ser aplicable a distintos emplazamientos y ayudar a entender los mecanismos mediante los cuales el radón penetra en un recinto en concreto. Dicho código se aplicó con éxito a una vivienda unifamiliar del mediterráneo español y en una vivienda también unifamiliar sueca, ambas habitadas (Font et al., 1999a, 1999b). RAGENA se desarrolló mediante el software de modelización de sistemas dinámicos STELLA, el cual permite simular la dinámica de un sistema cualquiera de una manera sencilla mediante un conjunto de sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias acopladas, de forma similar a los modelos de cajas. Una de las características más interesantes es la posibilidad de incorporar las variaciones temporales de los distintos parámetros, ya sea a partir de su medida experimental como de su modelización. Por ejemplo, el código relaciona la fracción de saturación de agua con el registro de precipitaciones disponible de la zona, permitiendo la variación temporal tanto de la emanación como de los parámetros de transporte. También permite relacionar las condiciones meteorológicas con la ventilación. El principal inconveniente, sin embargo, es que no permite de forma natural introducir resolución espacial.

Más recientemente, el Instituto Torroja de Ciencias de la Construcción del CSIC ha publicado un nuevo modelo bidimensional (Muñoz, et al., 2017) que se centra en el análisis de la eficacia de las medidas de remedio y que permite simular los niveles de radón en una vivienda resolviendo las ecuaciones de transporte por elementos finitos con una buena resolución espacial. El modelo se ha desarrollado utilizando la aplicación de desarrollo COMSOL Multiphysics™, una herramienta muy versátil de modelado y análisis para la simulación de fenómenos físicos basada en CFD. Consta de diferentes módulos que permiten modelar computacionalmente cualquier fenómeno físico que se pueda describir con ecuaciones en derivadas parciales (PDE), incluyendo transferencia de calor, movimiento de fluidos, y mecánica estructural (que son los que se utilizarán en este proyecto), soportando la integración de problemas de diferentes campos.

Para terrenos contaminados debido a actividades industriales, la caracterización del terreno puede incluso llegar a ser más compleja, y los modelos desarrollados hasta la fecha no han contemplado todavía este escenario. El año 2013, la Agencia Internacional de la Energía Atómica, debido al creciente interés de las industrias NORM, elaboró un informe técnico en el que se revisan los conocimientos existentes y se indica cómo evaluar la exhalación de radón en terrenos contaminados, de cara a su posible uso para estudios atmosféricos y para la evaluación de la dosis (IAEA, 2013), si bien queda pendiente la simulación de los niveles de radón en una vivienda o recinto cerrado que eventualmente se construya sobre el terreno.

En este proyecto se propone el análisis de una herramienta que permita predecir los niveles de radón y su dinámica en un recinto cerrado en función de las características del terreno y del recinto, así como de la meteorología. De esta forma, se podrá determinar el grado de descontaminación necesario para descalificar un terreno que haya sido contaminado debido a actividades industriales. Teniendo en cuenta la experiencia de los dos grupos españoles en simulación de los niveles de radón en recintos cerrados, se analizarán en paralelo los dos tipos de modelos disponibles, el basado en COMSOL Multiphysics, adaptándolo a situaciones reales, y el código RAGENA, actualizándolo mediante la incorporación de los resultados obtenidos con modelos parciales en los últimos años y adaptándolo también a los emplazamientos reales que se consideren. Se llevará a cabo una intercomparación de los resultados obtenidos con los dos tipos de

modelos. Asimismo, se pondrá un especial énfasis en la validación de los modelos mediante la recopilación de datos experimentales en situaciones reales.

Para realizar este estudio es necesario acometer los trabajos e investigaciones que se describen en esta Memoria Técnica.

3. *Objetivo*

El objetivo fundamental del proyecto es la realización de un estudio teórico-experimental en condiciones reales de campo que permita desarrollar una herramienta informática válida para la simulación de procesos de generación, transporte, inmisión y acumulación de radón en edificios, y así como para el análisis de efectividades de las técnicas de prevención y remedio de lugares afectados por radón.

4. *Alcance*

Para poder cumplir el objetivo fundamental, el Acuerdo contempla los siguientes objetivos específicos:

- a) Desarrollo teórico de los modelos numéricos analizando las alternativas software más adecuadas.
- b) Selección de 2 casos de estudio experimental para la validación de los modelos teóricos desarrollados.
- c) Identificación de las variables significativas a medir y elaboración de un procedimiento sistemático de toma de datos incluyendo su control de calidad.
- d) Validación de los modelos teóricos utilizando los datos obtenidos en la fase experimental e intercomparación de los dos tipos de modelos.

5. *Normativa y adecuación al Plan de I+D del CSN 2016-2020*

Referencias normativas:

1. Directiva 2013/59/Euratom del Consejo de 5 de diciembre
2. ISO 11665-1:2012. Medición de la radiactividad en el ambiente. Aire: radón-222. Parte 1: Orígenes del radón y sus productos de desintegración de vida corta y métodos de medición asociados.
3. UNE-EN ISO 11665-5:2016. Medición de la radiactividad en el ambiente. Aire: radón-222. Parte 5: Método de medición en continuo para la actividad volumétrica. (ISO 11665-5:2012).
4. UNE-EN ISO 11665-6:2016. Medición de la radiactividad en el ambiente. Aire: radón-222. Parte 6: Método de medición puntual para la actividad volumétrica. (ISO 11665-6:2012).
5. ISO 11665-11:2016. Measurement of radioactivity in the environment – Air – Part 11: Radon-222: Test method for soil gas.
6. UNE-ISO 10381-7. Líneas directrices para el muestreo de gas del suelo. Esta norma es idéntica a la ISO 10381-7:2005.

Adecuación al Plan de I+D del CSN 2016-2020.

Este proyecto se encuadra dentro de las líneas estratégicas del ámbito de la Protección Radiológica (CSN-DID-23.16) siguientes:

IV.2.4. Situaciones de exposición existente.

Este trabajo entra de lleno en esta línea ya que el estudio propuesto permitirá caracterizar la influencia de la exhalación de radón de los materiales de construcción en la dosis total en interiores. Asimismo, proporcionará información real y herramientas de cálculo para el estudio de la incidencia de los nuevos requisitos sobre el control de la

exposición al radón en viviendas, lugares de trabajo y edificios con acceso público y desarrollo de sistemas de medida acordes con los requisitos a establecer en el Código Técnico de la Edificación.

Por otra parte, las herramientas estudiadas podrían ser adaptadas ulteriormente para la caracterización y rehabilitación de terrenos contaminados por industrias NORM en lo que se refiere al riesgo de radón.

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

El análisis y validación de los códigos de simulación a estudiar, permitiría disponer de herramientas que complementen las tareas de evaluación e inspección que se deban llevar a cabo, por parte del regulador, en relación con la normativa de prevención de los riesgos de exposición al radón.

6. Actividades propuestas

La evaluación del comportamiento estacionario y de la dinámica del radón en espacios cerrados es una tarea muy compleja, debido al gran número de factores que se deben tener en cuenta tal como hemos indicado en la introducción.

Por esto, para desarrollar un modelo con capacidad predictiva de la concentración de radón será necesario desarrollar un plan estructurado de trabajo, que permita la consecución de los objetivos del proyecto. Para esto se agrupan las distintas actividades a desarrollar en los siguientes paquetes de Trabajo (WP) que no serán necesariamente secuenciales, ya que muchas de las actividades para la consecución de los diversos objetivos se pueden llevar a cabo de forma independiente.

WP1: Selección de los casos de estudios para la validación de los modelos.

El proyecto se desarrollará en dos emplazamientos:

1) Módulo experimental del Laboratorio de Radiación Natural (LNR) situado en las instalaciones de ENUSA en Saelices El Chico (Ciudad Rodrigo, Salamanca). Se trata de un módulo diseñado con la idea de reproducir las características tipológicas de una vivienda en España (territorio continental) usando los materiales comunes para este tipo de construcciones. Se trata de una construcción con dos alturas, una de ellas sobre la rasante del terreno y la otra semienterrada. De esta manera se puede estudiar la presencia de radón en sótanos y en plantas elevadas. También se puede usar el semisótano para reproducir el caso de una cámara ventilada bajo un forjado sanitario. La planta, de forma cuadrada con 5 metros de lado, ocupa una superficie de 25 m². Las dos plantas están unidas mediante una escalera interior con puerta que independiza ambos espacios. La cubierta es plana y transitable para poder acceder a ella y manipular los sistemas de extracción que se instalen.

2) Vivienda situada en la Isla de Gran Canaria. Dado que el módulo experimental es una vivienda diseñada para la medida de radón, se quiere, también, analizar el caso de una vivienda real ya construida. Además, como el módulo experimental reproduce las características de una vivienda de la España continental, se ha pensado medir en una vivienda en las Islas Canarias, con el objeto de cubrir una mayor casuística del territorio nacional. En concreto las medidas se realizarán en la Isla de Gran Canaria que ha sido considerada, en su mayor parte, territorio con riesgo de radón en el Mapa Predictivo del CSN. Además, se disponen de equipos de investigación sobre el radón en la Isla que disponen de la experiencia y la instrumentación necesaria. Para la selección de la vivienda a medir, será necesario realizar un análisis de los datos disponibles de radón en la isla para realizar una preselección las más adecuadas y, después, mediante visitas iniciales de toma de contacto, analizar la viabilidad (disposición de los propietarios, facilidad de acceso, sitio adecuado para realizar medidas) para fijar el emplazamiento de medida definitivo.

Participantes: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC), Universidad de Cantabria (UC), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB).

WP2: Caracterización tipológica sobre las características constructivas de los emplazamientos seleccionados.

Este WP se dedicará a la toma de datos de características constructivas de los emplazamientos, especialmente de la envolvente en contacto con el terreno:

- a) Se realizarán pequeñas catas para determinar la composición de capas de la envolvente.
- b) Se describirán las comunicaciones con el exterior y su capacidad de intercambio de aire.
- c) Se estudiarán los perfiles de usuario en cuanto a climatización, ventilación, ocupación. Para ello será necesario realizar encuestas de usuario. En el caso del emplazamiento de Saelices se establecerán unas pautas promedio para el estudio.

Participantes: ULPGC, UC.

WP3: Caracterización radiológica de los espacios interiores y del terreno de asiento.

Se realizará un estudio radiológico completo de los espacios interiores de las viviendas seleccionadas y del terreno de asiento midiendo:

- a) Concentración de actividad de radón en todos los espacios interiores.
- b) Tasa de exposición gamma en el interior y en el exterior.
- c) Concentración de radioisótopos naturales ^{226}Ra , ^{232}Th y ^{40}K en los materiales de construcción y en el suelo circundante.
- d) Concentración de radón en suelos (80 cm) en las inmediaciones de las viviendas.
- e) Concentración de radón profunda (1 m) en continuo durante al menos seis meses.

Se realizarán tanto medidas en continuo como discretas a lo largo de un año. En el caso de las medidas discretas, se deberá mantener una periodicidad estacional.

Participantes: El equipo de la UC realizará las medidas en el emplazamiento de Saelices y el de la ULPGC en el de Gran Canaria.

WP4: Caracterización de la permeabilidad al gas del terreno de asiento en los casos de estudio.

Dada la importancia de la permeabilidad a los gases del terreno se realizará un estudio geotécnico para su determinación. También se medirá mediante el uso del equipo RADON-JOK con el fin de poder establecer comparaciones con la clasificación del método checo.

Participantes: El equipo de la UC realizará las medidas en el emplazamiento de Saelices y el de la ULPGC en el de Gran Canaria. Se encargará a una empresa externa del análisis de la geotecnia en ambos emplazamientos.

WP5: Monitorización en continuo de presiones diferenciales, temperatura y presión atmosférica durante 6 meses en los emplazamientos.

Con el fin de obtener datos para las simulaciones de la dinámica del radón, mediante sondas de presión diferencial (precisión $\pm 3\text{Pa}$) ensambladas en serie, y recepción en datalogger, se monitorizará la presión diferencial entre diferentes ambientes de las edificaciones. Se instalará un sistema de recogida de datos en tiempo real, y si existe la posibilidad de acoplar una tarjeta de datos, se podrá hacer un seguimiento vía internet.

Esta tarea se realizará fundamentalmente en la instalación de Saelices que está preparada para ello. Los lugares de medición propuestos son:

- Terreno bajo edificio-Interior.
- Terreno bajo edificio-Exterior.
- Planta semisótano-exterior.
- Planta semisótano-Planta baja.
- Terreno exterior-Planta semisótano.

Participantes: UC.

Nota: Dependiendo de la duración final del proyecto se intentará extender las medidas al emplazamiento de Gran Canaria definiendo previamente los puntos de medida; en este caso también participaría la ULPGC.

WP6 Monitorización de los terrenos circundantes a la escombrera del emplazamiento de Saelices para caracterizar el caso de un terreno contaminado que en el que se han realizado acciones de remedio.

En el emplazamiento de Saelices, se llevará a cabo una monitorización durante 6 meses de la escombrera restaurada junto al laboratorio para obtener los datos experimentales que permitan comprender las interacciones entre el edificio y el entorno. Este estudio tiene como fin la obtención de datos que permitan analizar la influencia de terrenos contaminados que se han remediado sobre edificaciones en su entorno. La inclusión de estos datos en los códigos, podrían ampliar su utilidad para la simulación de distintas técnicas de restauración de terrenos contaminados.

Participantes: UC.

WP7 Desarrollo de los modelos de simulación de los niveles de radón en recintos cerrados, adaptados a los emplazamientos.

Esta es una de las tareas principales del proyecto y consistirá en el análisis de los dos modelos de simulación para predecir la entrada de radón en edificios con características diferentes en tipología constructiva y terreno. Uno de estos modelos será el modelo RAGENA desarrollado por la UAB basado en ESTELLA y el segundo se basará en la utilización de COMSOL Multiphysics™. Para el desarrollo de este segundo modelo se ha planificado contratar, como colaborador externo, al Instituto Torroja de Ciencias de la Construcción del CSIC que, como se ha indicado en el apartado de antecedentes, ya ha realizado desarrollos de modelos de transporte de radón con esta herramienta. En la memoria económica se consigna parte del presupuesto para esta contratación.

El objetivo principal de este estudio será modelar en detalle la física involucrada en la generación y el transporte de radón a través del suelo y otros materiales utilizando diferentes herramientas de estimación de parámetros de la literatura y los datos experimentales obtenidos en trabajos realizados en los paquetes de trabajo 2 a 5. Para ello, se trabajará de forma coordinada entre los dos equipos de simulación para definir y cuantificar los parámetros que describen los emplazamientos reales. El efecto de la humedad en el suelo y el transporte de radón a través del agua en el espacio de los poros se tendrán en cuenta con la aplicación de un coeficiente de corrección de la porosidad. Para la simulación de la dinámica, se modelizará de forma conjunta el efecto de la meteorología sobre las diferencias de presión medidas en el WP5.

El modelo basado en COMSOL resolverá la ecuación diferencial que generalmente rige el transporte de radón en un medio poroso considerando los mecanismos de difusión-advección y el cambio en la concentración numérica del gas debido a la generación y al decaimiento. (Clements y Wilkening, 1974). Incluirá asimismo la contribución de la exhalación de radón a través de los materiales de construcción. Por su parte, algunas de las relaciones entre parámetros utilizadas por el código RAGENA serán actualizadas a partir de la bibliografía.

Participantes: ULPGC, UAB, UC.

WP8: Validación de los modelos de simulación.

La validación de los modelos de simulación se llevará a cabo mediante la comparación con los valores obtenidos de los niveles de radón en los dos emplazamientos. Asimismo, se llevará a cabo una comparación entre los resultados obtenidos por los dos tipos de modelos, analizando las causas de las discrepancias si las hubiere.

El procedimiento de validación consistiría en aplicar ambos modelos a los casos de estudio con el fin de contrastar la predicción en entrada y acumulación de radón con los datos medidos. En concreto se analizarían:

- Acuerdos en parámetros de entrada
- Estudios paramétricos y de sensibilidad de ambos modelos.
- Estudios comparativos de resultados predictivos para los casos de estudio.
- Ajustes y validación de los modelos en base a las monitorizaciones realizadas.

Nota: Los datos de monitorización en continuo, se usarán para el estudio de los modelos en comportamiento dinámico.

Participantes: ULPGC, UAB y UC.

WP9: Aplicación de los modelos a la valoración de la efectividad de medidas de mitigación.

Una vez validados los modelos numéricos, como aplicación final, se utilizarán para la realización de:

a) Estudios teóricos de efectividades de técnicas de mitigación. Valoración de la mitigación proporcionada por las soluciones previstas para nuevos edificios en el CTE. De esta forma, se estudiará la entrada de radón a través de diferentes condiciones de contorno del edificio, como losas de hormigón con o sin juntas, grosores de losa variables y coeficientes de difusión, y el uso de varias membranas de barrera de radón. Se estudiarán las grietas en el hormigón o la membrana de barrera del radón para comprender cómo la concentración en el interior se ve afectada por estos problemas.

b) Análisis de sensibilidad de los distintos parámetros que intervienen en el fenómeno y de la incertidumbre de los modelos para determinar variables críticas a fin de elaborar un protocolo de caracterización de emplazamientos contaminados que permita valorar las dosis por radón que se recibirían en un escenario residencial tras la restauración propuesta.

Participantes: ULPGC, UAB y UC.

WP10: Coordinación.

La tarea principal de este WP es garantizar la ejecución del proyecto y la consecución de los objetivos del mismo. Además, competen a este WP las siguientes actividades:

a) Organización de las reuniones de seguimiento (preferiblemente por tele o videoconferencia).

b) Elaboración de informes. En particular:

- I. Un informe a mitad de proyecto con los resultados parciales.
- II. Un informe final, que contendrá los resultados finales del proyecto, en concreto:

Datos medidos:

- Datos de monitorización en continuo durante 1 año en el Módulo de Saelices.

- Datos constructivos y tipológicos de las construcciones estudiadas.
- Características radiológicas de los terrenos y ambientes interiores en los casos estudiados.
- Características de permeabilidad de los terrenos.

Datos sobre los modelos:

- Parámetros definitorios de las entradas en los modelos.
- Estudios de simulación de ambos modelos para los casos de estudio.
- Validación y ajustes.
- Estudios comparativos de resultados entre ambos modelos. Convergencias y divergencias.
- Análisis de usabilidad de ambos modelos para el propósito perseguido de predicción de concentraciones de radón en edificación.

Participantes: Intervendrán todos los participantes y el equipo de la ULPGC será el encargado de los trabajos de coordinación.

7. Cronograma. Duración del proyecto

Debido a la gran cantidad de medidas que se pretenden tomar y el gran esfuerzo de análisis computacional, se estima que el proyecto debe planificarse para un periodo de 2 años. La distribución de tareas en el tiempo se muestra en el cronograma de la tabla 1.

Tabla 1. Distribución temporal de tareas e hitos

Paquetes de trabajo (WP)	Primer año												Segundo año											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
WP1: Selección de los casos de estudio para la validación de los modelos.	X	X	X	X																				
WP2: Caracterización tipológica sobre las características constructivas de los emplazamientos seleccionados.					X	X	X	X	X															
WP3: Caracterización radiológica de los espacios interiores y del terreno de asiento.					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
WP4: Caracterización de la permeabilidad al gas del terreno de asiento en los casos de estudio.					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
WP5: Monitorización en continuo de presiones diferenciales, temperatura y presión atmosférica durante 6 meses en cada emplazamiento (en Canarias se realizará si es posible).					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
WP6: Monitorización de los terrenos circundantes a la escombrera del emplazamiento de Saelices para caracterizar el caso de un terreno contaminado que en el que se han realizado acciones de remedio.					X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X								
WP7: Desarrollo de los modelos de simulación de los niveles de radón en recintos cerrados, adaptados a los emplazamientos.									X	X	X	X	X	X	X	X	X	X						
WP8: Validación de los modelos de simulación.															X	X	X	X	X	X	X			
WP9: Aplicación de los modelos a la valoración de la efectividad de medidas de mitigación.																						X	X	X
WP10: Coordinación e informes (ULPGC).	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

8. Difusión

La difusión de los resultados del proyecto se realizará mediante la publicación en alguna de las revistas científicas de alto Impacto en este campo entre las que cabe destacar:

- Radiation Measurements.
- Nuclear instruments and Methods in physics research.
- Journal of Radiological Protection.
- Environment International.
- Journal of Environmental Radioactivity.

Además, está previsto difundir los resultados de la investigación en conferencias nacionales e internacionales. En concreto se tiene pensado participar en las conferencias.

International Workshop on the European Atlas of Natural Radiation. Esta reunión organizada por el Joint Research Center (JRC) de la Unión Europea tiene carácter internacional y hasta 2017 ha tenido dos ediciones. Los tópicos que se tratan son: Políticas de radón: normas básicas de seguridad europeas, posiciones de organizaciones internacionales, otros proyectos internacionales. Radón indoor: Mapa europeo y ampliación con nuevos conjuntos de datos. Fuentes de radiación natural y su mapeo: geoquímica, gamma terrestre, suelo, agua, materiales de construcción, etc.

Relaciones entre las cantidades relacionadas con el radón: metodología, análisis multivariable, reducción de la dimensionalidad, índice de riesgo del radón. Áreas de riesgo de Radón: conceptos, predictores, clasificación, riesgo, problemas de mapeo (unidades geológicas, cuadriculadas, administrativas).

International workshop on the geological aspects of radon risk mapping (GARRM). Esta reunión organizada por RADON v.o.s. and Czech Geological Survey tiene carácter internacional y hasta 2018 habrá tenido 14 ediciones. Los tópicos que se tratan son la elaboración de mapas de riesgo de radón y planes de acción de radón, las estrategias nacionales y planes de acción para el radón, enfoques del riesgo del radón; delineación de áreas propensas/radón y clasificación del riesgo de radón; muestreo pasivo y activo de gases del suelo; la permeabilidad como el segundo parámetro decisivo para la evaluación del potencial de radón; mecanismos de transporte de radón en el suelo y desde el suelo hacia los edificios; predicción de terremotos; radón como un trazador natural; radón en áreas cársticas, áreas mineras.

9. Referencias

1. Al-Ahmady KK. Characterization of wind-induced pressure differentials as driving forces affect indoor radon entry and removal. International Radon Symposium IIP American Association of Radon Scientists and Technologists (AARST), Haines City, Florida, U.S.A.; 1996. p. 3.1-3.10.
2. Andersen CE. Entry of soil gas and radon into houses. Risø National Laboratory, Risø-R-623(EN), Roskilde, Denmark; 1992. I.
3. Andersen CE. Numerical modelling of radon-222 entry into houses: an outline of techniques and results. Radon in the Living Environment, Athens, Greece; 1999.p. 19–23.
4. Arvela H. Seasonal variation in radon concentration of 3000 dwellings with model comparisons. Radiat Prot Dosimetry 1995;59:33–42.
5. Capra D, Silibello C, Queirazza G. Influence of ventilation rate on indoor radon concentration in a test chamber. Radiat Prot Dosimetry 1994;56:15–8.
6. Chauhan N, Chauhan RP, Joshi M, Agarwal TK, Aggarwal P, Sahoo BK. Study of indoor radon distribution using measurements and CFD modeling. Journal of Environmental Radioactivity 2014; 136:105-111.

7. Chauhan N, Chauhan RP, Joshi M, Agarwal TK, Sapra BK.. Measurements and CFD modeling of indoor thoron distribution. *Atmos. Environ* 2015, 105:7-13..
8. Fisk WJ, Modera MP, Sextro RG, Garbesi K, Wollenberg HA, Narasomhan TN, et al. Radon entry into basements: approach, experimental structures, and instrumentation of the small structures research project. Lawrence Berkeley Laboratory, LBL-31864; 1992. February.
9. Font Guiteras LI. Radon generation, entry and accumulation indoors. Ph.D. Thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, Spain; 1997.
10. Font LI, Baixeras C. The RAGENA dynamic model of radon generation, entry and accumulation indoors. *Sci Total Environ* 2003;307:55–69.
11. Font LI, Baixeras C, Domingo C, Fernandez F. Experimental and theoretical study of radon levels and entry mechanisms in a Mediterranean climate house. *Radiat Meas* 1999a;31: 277–82.
12. Font LI, Baixeras C, Jönsson G, Enge W, Ghose R. Application of a radon model to explain indoor radon levels in a Swedish house. *Radiat Meas* 1999b; 31:359–62.
13. Font LI., Baixeras C, Domingo C. Uncertainty, variability and sensitivity analysis applied to the RAGENA model of radon generation, entry and accumulation indoors. *The Science of the Total Environment* 2001; 272:25-31.
14. Font, LI. y colaboradores. Informe final del acuerdo específico de colaboración entre el CSN y las Universidades Autónoma de Barcelona, de Cantabria, de Las Palmas de Gran Canaria y Politécnica de Catalunya para la caracterización del nivel de radon en terrenos representativos de la geografía estatal. 2017.
15. Frutos Vázquez, B. Protección frente a la inmisión de gas radón en edificios. Volume 24 of *Informes técnicos*. Contributor, Consejo de Seguridad Nuclear (España). Publisher, CSN, 2010. Length, 76 pages.
16. International Atomic Energy Agency (IAEA). Measurement and Calculation of Radon Releases from NORM Residues. Technical Report Series 474. 2013.
17. Jacobi W. Activity and potencial alfa-energy of 222Rn and 220Rn daughters in different atmospheres. *Health Phys.* 1972, 22:441-450.
18. Loureiro, CO. Simulation of the steady-state transport of radon from soil into houses with basements under constant negative pressure. Lawrence Berkeley Laboratory, Berkely, CA, USA, LBL-24378. PhD dissertation.
19. Man CK, Yeung HS. Modelling and measuring the indoor radon concentrations in highrise buildings in Hong Kong. *Appl Radiat Isot* 1999; 50:1131–5.
20. Moreno V, Bach J, Font LI, Baixeras C, Zarroca M, Linares R, Roqué C. Soil radon dynamics in the Amer fault zone: an example of very high seasonal variations. *Journal of Environmental Radioactivity* 2016, 151: 293-303.
21. Muñoz, E. Frutos, B, Olaya, Sanchez M. J. A finite element model development for simulation of the impact of slab thickness, joints, and membranes on indoor radon concentration. *Journal of Environmental Radioactivity* 177 (2017) 280e289.
22. Nazaroff WW. Radon transport from soil to air. *Rev Geophys* 1992; 30:137–60.
23. Nero AV, Nazaroff WW. Characterising the source of radon indoors. *Radiat Prot Dosimetry* 1984; 7: 23–39.
24. Nikezic D, Stevanovic N. Room model with three modal distributions of attached radon progeny. *Health Phys.* 2001, 87:405-409.
25. Nikezic D, Stevanovic N. Room model with three modal distributions of attached 220Rn progeny and dose conversion factor. *Radiat. Prot. Dosim.* 2007, 123:95-102.
26. Suárez Mahou, E. Proyecto MARNA: mapa de radiación gamma natural. Colección informes técnicos; 5/2000 Volume 5. *Informes técnicos/Consejo de Seguridad Nuclear*. Publisher, Consejo de Seguridad Nuclear, 2001. ISBN, 8495341123, 9788495341129. Length, 139 pages.
27. Sherman M. Simplified modeling for infiltration and radon entry. Proceedings of ASHRAE-DOE-BTECC conference on building thermal envelopes, Clearwater Beach, Florida, USA; 1992.

28. Urosevic V, Nikezic D, Vulovic S. A theoretical approach to indoor radon and thoron distribution. *Journal of Environmental Radioactivity* 2008; 99:1829-1833.

29. Wang F, Ward IC. The development of a radon entry model for a house with a cellar. *Build Environ* 2000; 35:615-31.

30. With G de, Jong P de. Simulation of thoron and thoron progeny concentrations in the indoor environment. *J Build Phys* 2011; 35:101-27.

31. Zhuo W., Iida T., Moriizumi J., Aoyagi, T. and Takahashi, I. Simulation of the concentrations and distributions of indoor radon and thoron. *Radiat. Prot. Dosimetry* 2001; 93(4):357-68.

10. Recursos materiales y humanos

10.1 Recursos materiales previstos para realizar las actividades propuestas.

Como se ha indicado, en el apartado de estimación de costes del proyecto gran parte de los equipos a utilizar están disponibles en las universidades participantes (Equipos de espectrometría gamma, detectores activos de radón, sistemas de muestreo en suelos y aguas), de forma que se han considerado, junto con las horas de trabajo de los investigadores, como la contribución de las universidades a la financiación del proyecto.

No obstante, el presupuesto incluye financiación para la adquisición un medidor multiparámetro del tipo Barasol diseñados para la medida en continuo de radón en suelos y parámetros ambientales (temperatura y presión atmosférica) y a gran profundidad y en condiciones difíciles de humedad y temperatura. Estos equipos son muy necesarios porque el parámetro de entrada ideal para los códigos de cálculo es la distribución espacial y temporal de radón en el suelo de las viviendas. Mediante medidores pasivos de trazas (que también habría que adquirir) se puede hacer una estimación de la distribución espacial sin resolución temporal y mediante la instalación de algunos equipos Barasol se obtendrá la resolución temporal. De esta forma se tendría una caracterización del radón en el terreno de muy alta calidad que permitiría un buen ajuste de los parámetros de los códigos de cálculo. Se ha pensado adquirir, al menos, un equipo para el grupo de la UC para complementar al que ya tiene el grupo de la UAB que se utilizarían en los dos emplazamientos.

10.2 Recursos humanos previstos para la consecución de las actividades propuestas.

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

1) Dr. don Jesús García Rubiano (Coordinador principal del Proyecto):

Profesor Titular de Universidad en el área de Física Aplicada. Cuatro Sexenios de Investigación concedidos (por el periodo 1996-2019). Director del Departamento de Física de la ULPGC desde 2009 hasta 2019. Coordinador de la línea de Radiactividad Ambiental del Grupo de Investigación en Interacción Radiación Materia (GIRMA) de la ULPGC campo en el que ha dirigido tres Tesis Doctorales y ha realizado numerosas publicaciones en revistas de alto índice de impacto y comunicaciones en Congresos nacionales e Internacionales. En los últimos 10 años ha sido investigador principal de los siguientes proyectos de Investigación en el campo de la radiactividad ambiental y el radón:

– Estudio de las concentraciones de radón en viviendas, lugares de trabajo y materiales de construcción en las Islas Canarias Orientales. Plan de I+D del CSN. (2012-2015).

– Estudio sobre la distribución de radioisótopos naturales y de radón en las Islas Canarias Orientales. Plan de I+D del CSN (2009-2012).

2) Dr. don Héctor Alonso Hernández:

Profesor Titular de Escuela Universitaria en el área de Física Aplicada. Ha participado en todos los proyectos de investigación de la línea de Radiactividad Ambiental de GIRMA. Ha desarrollado su labor investigadora en el campo de la medida de radón en suelos y en aguas subterráneas.

3) Dr. don Pablo Martel Escobar:

Catedrático Universidad en el área de Física Aplicada. Cuatro Sexenios de Investigación concedidos (por el periodo 1993-2016). Director del Programa de Doctorado en Calidad Ambiental y Recursos Naturales de la ULPGC. Tiene amplia experiencia en el campo de la radiactividad ambiental y de la Investigación en general, habiendo sido responsable de diversos proyectos nacionales y europeos.

4) Dra. doña Alicia Tejera Cruz:

Profesora Titular de Universidad en el área de Física Aplicada. Ha participado en todos los proyectos de investigación de la línea de Radiactividad Ambiental de GIRMA. En la actualidad centra su labor investigadora en el campo de la espectrometría alfa de muestras ambientales y en su aplicación a los estudios medioambientales marinos.

Universidad de Cantabria.

5) Dr. don Luis Quindós Poncela:

Catedrático de Universidad Radiología y Medicina Física. Cinco sexenios de Investigación. Director del grupo de investigación en Radón de la Universidad de Cantabria tiene más de 35 años de experiencia en el campo de la radiactividad ambiental y en particular en la medida radón en aire, suelos y aguas. Ha sido autor de numerosas publicaciones en este campo e investigador principal de numerosos convenios y proyectos de investigación.

6) Dr. don Carlos Sainz Fernández:

Catedrático de Universidad en el área de Radiología y Medicina Física. Tres Sexenios de Investigación. Director técnico del Laboratorio de Radiactividad Ambiental de la Universidad de Cantabria (LARUC); Laboratorio Certificado según norma ISO 9001; en proceso de Acreditación ISO 17025. Ha sido autor de numerosas publicaciones en este campo e investigador principal de numerosos convenios y proyectos de investigación.

Resto del Equipo: 2 doctores y 1 predoctoral.

Universidad Autónoma de Barcelona.

7) Dr. don Lluís Font Guiteras:

Profesor Titular de Universidad. Cuatro sexenios de Investigación (1992-2015). Las líneas de investigación en las que trabaja son los estudios de radón y la Física de astropartículas. Es coautor de más de 170 artículos en revistas de ISI de las cuales 31 están relacionadas con el radón. Su experiencia en el campo de aplicación del proyecto viene avalada por 20 años de investigación. En sus tesis doctoral «radón Generation, Entry and accumulation indoor» caracterizó los niveles de radón, su dinámica y los mecanismos de entrada en una vivienda habitada en España y desarrolló el código RAGENA, que se utilizará en este proyecto.

8) Dra. doña Victoria Moreno Balta:

Es profesora agregada interina en el Departamento de Física de la UAB. Es experta en la media de la concentración de radón en suelos habiendo estado su tesis doctoral

dedicada al estudio de los «Niveles de radón en recintos cerrados de la zona volcánica de la Garrotxa y la falla de Amer».

Contrataciones externas

Como se ha indicado en la memoria, para la realización de los estudios geotécnicos del WP-4 será necesario contratar a una empresa externa de geotecnia y para el desarrollo del modelo basado en COMSOL Multiphysics™ del WP-7 se ha planificado contratar, como colaborador externo, al Instituto Torroja de Ciencias de la Construcción del CSIC.

Consejo de Seguridad Nuclear

Para las tareas de supervisión y coordinación de este proyecto de I+D, el CSN designa a un técnico de la Subdirección de Protección Radiológica Ambiental, don Diego Fernández Candela, como experto conocedor de las aplicaciones de esta I+D a la función reguladora.

En principio, los recursos para este proyecto se han estimado en 30 horas totales de dedicación destinadas a la producción científica, por lo que se cuantifican como aportación económica del CSN al Convenio (ver Anexo B de Memoria Económica).

ANEXO B

Memoria Económica

CONVENIO ENTRE EL CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR, LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BARCELONA, LA UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Y LA UNIVERSIDAD DE LAS PALMAS DE GRAN CANARIA PARA LA GENERACIÓN Y VALIDACIÓN DE UN MODELO NUMÉRICO PARA LA PREDICCIÓN DE LA ENTRADA DE RADÓN EN EDIFICIOS EN BASE A UNA CARACTERIZACIÓN DEL TERRENO Y A UNA DEFINICIÓN TIPOLOGICA DE LA CONSTRUCCIÓN

1. Costes del proyecto

El coste total del proyecto se ha estimado en 182.091,32 €. La mayor parte de esta cantidad se refiere a gastos de personal. La contribución del CSN se ha estimado en 97.656,95 € en gastos de ejecución, contratación de servicios externos, gastos de gestión, adquisición de pequeño equipamiento y material fungible, cánones de las Universidades participantes, y participación de un experto que aporte la visión del regulador. Para elaborarla, se han tenido en cuenta las actividades a realizar y el equipamiento necesario, así como la necesidad de desplazamiento del personal investigador entre los distintos emplazamientos, que son significativos al estar situados en territorio peninsular y en las Islas Canarias.

La contribución de las universidades a la cofinanciación del proyecto, se hace a través de las horas de trabajo del equipo de investigación y el uso del equipamiento científico disponible. Para el cálculo de los costes de personal, se ha utilizado la estimación del costo por hora de cada investigador según la información de las distintas universidades, para las distintas categorías de profesor. Para la estimación, se ha considerado una dedicación base de un 10% de la jornada laboral anual que se ha aproximado a 1700 h. En el equipo de la ULPGC, al ser más numeroso en personal permanente de la universidad, se ha considerado que los investigadores participarán con un porcentaje de un 5% de su cómputo anual de horas (se indica en la tabla de costes de personal). Evidentemente esta distribución es a priori, y durante la ejecución de los trabajos podrán variar los porcentajes internos, siempre manteniendo el coste total constante. De esta forma la contribución conjunta de las universidades al proyecto

supondría el 46,4% del coste total, fundamentalmente en gastos de personal, y la contribución del CSN sería del 53,6 % restante.

En el desglose presupuestario se resumen, en la primera tabla, los costes totales del proyecto y se detalla, a continuación, y en tablas sucesivas, la distribución la misma entre las tres universidades participantes y entre los distintos capítulos. En el presupuesto de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria se ha incluido una partida que supone un 46,1% de la aportación total que recibirá del CSN en concepto «otros costes directos», que se emplearán para contratación externa con el Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción del CSIC de la modelización con Comsol Multiphysics en la que son expertos, tal y como se detalla en la Memoria Técnica. En el presupuesto desglosado para la Universidad de Cantabria se ha incluido un apartado de «amortización de equipos nuevos», correspondiente a la cofinanciación de un equipo BARASOL que es necesario adquirir para la ejecución del proyecto y otra para contratación externa de una empresa de Geotecnia.

Como parte de los costes del proyecto se han incluido los cánones de las distintas universidades, que son diferentes (en cada tabla se indica cómo se calculan).

Dada la naturaleza de este proyecto de I+D, este Convenio está exento de IVA.

La aportación del CSN se desglosa en dos conceptos:

1) Disposición de un experto con dedicación de 30 horas totales. Esta contribución en recursos humanos se ha evaluado dentro de los costes totales del Convenio, asignándose el coste por hora correspondiente (28,53 euros/hora), siendo su coste total de 855,90 euros.

2) La aportación económica en metálico del CSN para cubrir los diversos costes de material fungible, amortización de equipos y otros necesarios para la ejecución y difusión del proyecto, según se indica en las siguientes tablas.

Desglose de los costes totales por participante

Costes de ejecución de la ULPGC	Contribución CSN	Contribución ULPGC
1. Costes de personal.		
Prof. Titular (coste/h 36.19 €) 5% anual.		6.152,30 €
Prof. Titular (coste/h 31.87 €) 5 % anual.		5.417,90 €
Catedrático (coste/h 41.93 €) 5 % anual.		7.128,10 €
Prof. Titular (coste/h 31.87 €) 5 % anual.		5.417,90 €
2. Otros costes directos.		
Material Fungible.	9.155,00 €	
Viajes, dietas y alquiler de vehículo.	3.000,00 €	
Coordinación y difusión del proyecto (gastos de mensajería, correos, publicación, seguros de equipos, etc.).	2.800,00 €	
Contrataciones externas.	18.000,00 €	
Mantenimiento y calibración equipos.	2.500,00 €	
1.º subtotal.	35.455,00 €	24.116,20 €
Canon ULPGC (10% del primer subtotal).	3.545,50 €	2.411,62 €
2.º subtotal.	39.000,50 €	26.527,82 €
Costes totales.	39.000,50 €	26.527,82 €
Porcentaje de contribución al proyecto.	59,5 %	40,5 %

Costes de ejecución de la UAB	Contribución CSN	Contribución UAB
1. Costes de personal		
Prof. Titular (coste/h 36.25 €) x 340 horas		12.325,00 €
Profesora Agregada Interina (coste/h 23.40 €) x 340 h		7.956,00 €
2. Otros costes directos		
Material Fungible	15.310,00 €	
Viajes, dietas y alquiler de Vehículo	3.800,00 €	
Coordinación	0,0 €	
Contrataciones externas	0,0 €	
Mantenimiento y calibración de equipos	2.220,00 €	
1.º subtotal	21.330,00 €	20.281,00 €
Canon UAB (21% del segundo subtotal)	5.670,00 €	5.391,15 €
2.º subtotal	27.000,00 €	25.672,15 €
Costes totales	27.000,00 €	25.672,15 €
Porcentaje de contribución al proyecto	51,3 %	48,7%

Costes de ejecución de la UC	Contribución CSN	Contribución UC
1. Costes de personal.		
Catedrático (coste/h 33.00 €) x 340 horas.		11.220,00 €
Catedrático (coste/h 33.00 €) x 340 horas.		11.220,00 €
2. Otros costes directos.		
Material Fungible.	10.755,00 €	
Viajes, dietas y alquiler de Vehículo.	3.300,00 €	
Coordinación y gestión el proyecto.	0,0 €	
Contrataciones externas.	7.800,00 €	
Mantenimiento y calibración de equipos.	1.800,00 €	
Amortización de equipos nuevos.	1.800,00 €	4.200,00 €
1.º subtotal.	25.455,00 €	26.640,00 €
Canon UC (21% del primer subtotal).	5.345,55 €	5.594,40 €
2.º subtotal.	30.800,55 €	32.234,40 €
Costes totales.	30.800,55 €	32.234,40 €
Porcentaje de contribución al proyecto.	48,9 %	51,1 %

Costes totales

Atendiendo a los costes expuestos, los totales de ejecución y la distribución para cada participante queda de la siguiente forma:

Costes de ejecución totales por participante.	Contribución Institución participante (% del total)
1. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.	26.527,82 € (14,6%)
2. Universidad Autónoma de Barcelona.	25.672,15 € (14,1%)
3. Universidad de Cantabria.	32.234,40 € (17,7%)
4. CSN.	97.656,95 € (53,6%)
Totales.	182.091,32 €

* En la contribución del CSN se ha incluido el coste del experto indicado anteriormente.

2. Calendario de pagos

Los pagos a realizar por el CSN se distribuirán en la siguiente forma:

1. Un primer pago a efectuar transcurrido un mes de la firma del Convenio.
2. Un segundo pago, 10 meses después del primer pago.
3. Un último pago, al finalizar los trabajos, remitido al CSN el informe final de los resultados.

Año	Pago a ULPGC Importe	Pago a UAB Importe	Pago a UC Importe	TOTALES Importe
1.º pago (2021).	23.400,50 €	16.200,00 €	18.480,55 €	58.081,05 €
2.º pago (2022).	7.800,00 €	5.400,00 €	6.160,00 €	19.360,00 €
3.º pago (2023).	7.800,00 €	5.400,00 €	6.160,00 €	19.360,00 €
Total.	39.000,50 €	27.000,00 €	30.800,55 €	96.801,05 €

El primer pago se realizará previa entrega por parte del coordinador del proyecto (ULPGC) de un informe inicial de progreso de las tareas y objetivos marcados. Igualmente, el pago intermedio se hará previo informe de seguimiento del proyecto. En lo referido al último pago, se realizará tras la entrega del informe final que resuma las conclusiones y recomendaciones de la totalidad de los trabajos realizados dentro de este Convenio, haciendo referencia a toda la documentación generada a lo largo del mismo. El libramiento del último pago quedará condicionado a la presentación del informe final citado.

El CSN abonará su participación en el Proyecto con cargo a sus presupuestos anuales de gastos, previo cumplimiento de las actividades establecidas en la Memoria Técnica y en la Memoria Económica.

La Fundación Canaria Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria será la responsable de realizar la gestión económica de los fondos asignados a esta Universidad para la ejecución de los trabajos asociados a este Convenio, conforme lo estipulado en la encomienda de gestión que, en su condición de ente instrumental a tal efecto suscribió, con fecha 9 de diciembre de 2010, con la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.

El CSN abonará el presupuesto correspondiente a la ULPGC, antes aludido, mediante transferencia/s bancaria/s en la cuenta número (IBAN) ES26 0049 1881 4522 1027 8351 del Banco Santander, a nombre de la Fundación Canaria Parque Científico Tecnológico de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.