

III. OTRAS DISPOSICIONES

CONSEJO DE SEGURIDAD NUCLEAR

7708 *Resolución de 2 de julio de 2020, del Consejo de Seguridad Nuclear, por la que se publica el Convenio con la Universitat Politècnica de València, la Universidad Politècnica de Catalunya y la Universidad Politècnica de Madrid, para la ejecución de Proyecto I+D sobre «Participación en los proyectos de mantenimiento de códigos NRC (CAMP) y programas experimentales termohidráulicos de NEA/OECD (PKL, ATLAS y RBHT) y su aplicación a plantas españolas (CAMP-ESPAÑA)».*

El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, el Rector de la Universitat Politècnica de València, el Rector de la Universitat Politècnica de Catalunya y el Rector de la Universidad Politècnica de Madrid han suscrito, con fecha 29 de junio de 2020, un Convenio para la ejecución de Proyecto I+D sobre «Participación en los Proyectos de Mantenimiento de Códigos NRC (CAMP) y Programas Experimentales Termohidráulicos de NEA/OECD (PKL, ATLAS y RBHT), y su aplicación a Plantas Españolas (CAMP-ESPAÑA)».

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, 2 de julio de 2020.–El Presidente del Consejo de Seguridad Nuclear, Josep Maria Serena i Sender.

ANEJO

Convenio entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Universitat Politècnica de València (UPV), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y la Universidad Politècnica de Madrid (UPM), para la ejecución de Proyecto de I+D sobre «Participación en los proyectos de mantenimiento de códigos de NRC (CAMP) y programas experimentales termohidráulicos de NEA/OECD (PKL, ATLAS y RBHT), y su aplicación a plantas españolas (CAMP-ESPAÑA)»

REUNIDOS

De una parte: Don Josep Maria 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, n.º 11, de Madrid, y número de identificación fiscal Q2801036-A.

De otra parte:

– Don Francisco José Mora Mas, Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València (en adelante, la UPV), creada en virtud del Decreto 495/1971, de 11 de marzo (BOE de 26 de marzo de 1971), con sede en el Camino de Vera, s/n, de Valencia (España), CIF Q4618002B, y en su nombre y representación, nombrado por el Decreto 64/2017, de 26 de mayo, del Consell de la Generalitat, y en virtud de las atribuciones que le vienen conferidas por el artículo 53-d de los Estatutos de la UPV, aprobados por el Decreto 182/2011, de 25 de noviembre, del Consell.

– Don Francesc Torres Torres, Rector de la Universitat Politècnica de Catalunya (en adelante, la UPC), nombrado por Real Decreto 1025/2017 (publicado en el DOGC

núm. 7514 y en el BOE núm. 301, del día 12 de diciembre de 2017), con sede social en la calle Jordi Girona, 31, 08034 Barcelona, y con identificación fiscal Q-0818003F, en representación de esta institución, en virtud de las competencias previstas en el artículo 20 de la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades, y los artículos 67 y 169 de los Estatutos de la Universitat Politècnica de Catalunya, aprobados por Acuerdo GOV/43/2012, de 29 de mayo (DOGC núm. 6140, de 1 de junio de 2012).

– Don Guillermo Cisneros Pérez, Rector Magnífico de la Universidad Politécnica de Madrid (CIF Q-2818015F) (en adelante, UPM), nombrado por Decreto 25/2016, de 5 de abril (BOCM n.º 81, de 6 de abril de 2016), actuando en nombre y representación de la misma, en virtud de las facultades que le confieren los estatutos de la Universidad Politécnica de Madrid, aprobados por Decreto 74/2010, de 21 de octubre (BOCM n.º 273, de 15 de noviembre de 2010).

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 inspeccionar y controlar el funcionamiento de las instalaciones nucleares de todo el territorio nacional con el fin de que el funcionamiento de dichas instalaciones no suponga riesgos indebidos.

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 línea de investigación en el ámbito de «Programas termohidráulicos experimentales, de verificación/validación y de desarrollo de herramientas de simulación», la línea estratégica 1: Métodos y herramientas de análisis y simulación, dentro de la cual se enmarca el proyecto de I+D objeto de este Convenio.

Cuarto.

Que las universidades UPV, UPC y UPM, 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 y las universidades UPV, UPC y UPM, 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 todas las Partes.

Sexto.

Que, a la vista de los excelentes resultados obtenidos hasta ahora, el CSN y las universidades UPV, UPC y UPM consideran conveniente continuar realizando actividades conjuntas de investigación, encaminadas a la colaboración nacional para:

- Participar en programas internacionales de termohidráulica experimental y de verificación/validación,
- Desarrollar herramientas avanzadas de simulación, y
- Aplicar los resultados a las plantas españolas.

Séptimo.

Que el Convenio supone una cooperación entre las Partes, con la finalidad de que se logren los objetivos que comparten en materia de seguridad nuclear; 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 I+D titulado «Participación en los Proyectos de Mantenimiento de Códigos de NRC (CAMP) y Programas Experimentales Termohidráulicos de NEA/OECD (PKL, ATLAS y RBHT), y su Aplicación a Plantas Españolas (CAMP-ESPAÑA)», (en adelante, el Proyecto).

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

Segunda. *Obligaciones de las partes.*

Son obligaciones de las universidades UPV, UPC y UPM 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 los datos e información de que disponga y que pudieran ser necesarios para la realización de los trabajos.
- 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 cuarta.
- 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:

- 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.
- Contribuir a la financiación de los gastos del Convenio en la forma que se describe en la cláusula cuarta.
- Poner a disposición del Convenio los datos e información de que disponga y que pudieran ser necesarios para la realización de los trabajos.
- Documentar los trabajos realizados dentro del Convenio, en la forma que se describe en la Memoria Técnica (anexo 1 a este Convenio).

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 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 plasmado en este Convenio de un millón ciento doce mil cuatrocientos cincuenta y cinco euros con cincuenta y seis céntimos (1.112.455,56 €). El CSN aportará la cantidad de seiscientos cuarenta y nueve mil trescientos cincuenta y ocho euros con noventa y seis céntimos (649.358,96 €), que corresponde a un 58,37 % del total citado. Las universidades UPV, UPC y UPM aportarán cuatrocientos sesenta y tres mil noventa y seis euros con sesenta céntimos (463.096,60 €), lo que supone un 41,63 % del coste total.

La distribución de la contribución económica del CSN se establece en aportaciones semestrales correspondiendo a la aplicación presupuestaria con código 23.302.424M.640, abonándose cada uno de los pagos tras la correspondiente emisión por parte de las universidades UPV, UPC y UPM de los Requerimientos de pago, en la forma y plazos que se detallan en la Memoria Económica.

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 universidades UPV, UPC y UPM realizan en el mercado abierto menos del 20% de las actividades objeto de la cooperación.

Quinta. *Seguimiento del Convenio.*

El proyecto CAMP-España estará coordinado por un Comité de Dirección del Proyecto en el que habrá representantes de cada una de las Partes firmantes del presente Acuerdo, y en el que podrán estar representadas también otras organizaciones

participantes en dicho proyecto. Las decisiones del citado Comité se tomarán por consenso e irán encomendadas a la consecución de los objetivos descritos en la Cláusula primera. La composición de dicho Comité será:

- Dos representantes de CSN (uno de ellos actuará como Director del Proyecto).
- Tres representantes de la UPV (el coordinador actuará también como Jefe de Proyecto).
- Un representante de la UPC.
- Un representante de la UPM.

Las principales funciones del Comité de Dirección serán:

- Realizar el seguimiento del proyecto, recibiendo información de la evolución del mismo a través del Jefe de Proyecto.
- Tomar las decisiones de carácter técnico que sean necesarias para el correcto desarrollo del proyecto.
- Analizar y comentar los informes que se generan en el proyecto y aceptar sus versiones finales.
- Aprobar el informe final del proyecto, propuesto por el coordinador del proyecto.

El Jefe de Proyecto será encargado de la gestión global del proyecto, y entre sus misiones están las siguientes:

- Distribuir de forma inmediata entre las entidades participantes la información, tanto preliminar, como definitiva que se genere en la ejecución de este proyecto.
- Informar de la evolución del proyecto en las reuniones del Comité de Dirección del Proyecto siendo responsable de convocar reuniones cuando sea necesario para la toma de decisiones que afecten al desarrollo del proyecto, así como de elaborar las actas de las reuniones del Comité de Coordinación del Proyecto.
- Será el responsable de supervisar que se realizan las tareas asignadas en la forma y plazos previstos en el presente acuerdo.

Otros mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto son:

- Una estrecha colaboración de los especialistas del CSN con los grupos participantes, así como con los *Operating Agents* de los proyectos PKL, ATLAS y RBHT, y con la USNRC.
- La realización de las jornadas técnicas del proyecto nacional, al menos una vez al año. Asimismo, se prevé la asistencia a las jornadas internacionales del proyecto CAMP y a los talleres («workshops») de actividades analíticas de los programas experimentales PKL, ATLAS y RBHT.

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.*

De conformidad con lo establecido en el artículo 47.1, párrafo segundo, de la Ley 40/2015, de 1 de octubre, de Régimen Jurídico del Sector Público este acuerdo tiene naturaleza jurídico administrativa de Convenio, quedando sometido al régimen jurídico de Convenios, previsto en el Capítulo VI del Título Preliminar de la citada ley.

Asimismo, este Convenio tiene carácter administrativo y se halla excluido del ámbito de aplicación de Texto Refundido de la Ley de Contratos del Sector Público, aprobado por Real Decreto Legislativo 3/2011, de 14 de noviembre.

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, la UPV, la UPC y la UPM. El contenido de este párrafo permanecerá en vigor de forma indefinida una vez finalizado el presente Convenio.

Décima. Vigencia y prórroga.

El presente Convenio se perfeccionará por la prestación del consentimiento de las Partes mediante su firma. Tendrá una vigencia de 4 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.

Undécima. *Lugar de realización.*

Las actividades objeto del Convenio se realizarán por cada Parte en sus instalaciones propias o en cualquier otro espacio determinado de común acuerdo.

Duodécima. *Protección de datos de carácter personal.*

Las Partes se obligan expresamente a respetar los principios, disposiciones y medidas de seguridad previstos en el Reglamento General de Protección de Datos UE 2016/679 y cualquier otra norma vigente o que se promulgue en adelante sobre la protección de datos de carácter personal.

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 sus 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 acreditativa de su 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.

– Universitat Politècnica de València:

Delegado de protección de datos de la Universitat Politècnica de València.
Secretaría General.
Camí de Vera, s/n.
46022 València.

– Universidad Politécnica de Madrid:

Delegado de protección de datos de la Universidad Politécnica de Madrid.
Secretaría General.
c/ Ramiro de Maeztu, 7.
28040 Madrid.
Contacto Delegado Protección de Datos: proteccion.datos@upm.es

– Universitat Politècnica de Catalunya:

Delegado de protección de datos de la Universitat Politècnica de Catalunya.
C/ Jordi Girona, 31.
08034 Barcelona.
Contacto Delegado Protección de Datos: proteccion.datos@upc.edu

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.

Decimotercera. *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, el CSN y las universidades UPV, UPC y UPM 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.

Las universidades UPV, UPC y UPM entregarán al CSN informes 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 Novena.

Las Partes manifiestan su plena conformidad con el presente Convenio, en Madrid, a 29 de junio de 2020.—Por el Consejo de Seguridad Nuclear, el Presidente, Josep Maria Serena i Sender.—Por la Universitat de València, el Rector, Francisco José Mora Mas.—Por la Universitat Politècnica de Catalunya, el Rector, Francesc Torres Torres.—Por la Universidad Politécnica de Madrid, el Rector, Guillermo Cisneros Pérez.

ANEXO 1

Memoria Técnica del Convenio de Colaboración entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Universitat Politècnica de València (UPV), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), para la ejecución de Proyecto de I+D sobre «Participación en los proyectos de mantenimiento de códigos de NRC (CAMP) y programas experimentales termohidráulicos de NEA/OECD (PKL, ATLAS y RBHT), y su aplicación a plantas españolas (CAMP-ESPAÑA)»

1. Antecedentes

Un grupo considerable de organizaciones españolas, entre ellas el CSN, han promovido durante los últimos 30 años tareas encaminadas a la asimilación, mejora y aplicación de códigos termohidráulicos a las centrales nucleares españolas. Dichas colaboraciones se han instrumentado a través de distintos proyectos: LOFT España, ICAP-España, CAMP-España, Proyecto CTC, Proyecto SETH y, el más reciente denominado «Participación en los Proyectos CAMP de NRC, y PKL3 y ATLAS de NEA/OECD, y su Aplicación a Plantas Españolas» (CAMP-ESPAÑA). Todos los proyectos citados se desarrollaron de forma coordinada con sus respectivos programas internacionales y culminaron con su aplicación a las centrales nucleares españolas. El esfuerzo ha estado siempre justificado por la gran importancia que estos códigos tienen en el licenciamiento y diseño de los sistemas de protección, seguridad y salvaguardia de las centrales nucleares de la misma tecnología que la española.

Cada uno de estos proyectos ha permitido aumentar y mejorar la disponibilidad de modelos de instalaciones experimentales y de plantas españolas con un nivel de validación creciente. Si los primeros proyectos en su día permitieron fundamentalmente profundizar en los códigos RELAP5 para las centrales PWR y en TRAC/B para BWR, los proyectos más recientes han hecho lo propio para los modelos para TRACE.

Estos proyectos están consiguiendo también mantener una comunidad nacional de expertos en el uso de los códigos con capacidades de actualizar sus prácticas al unísono con la comunidad internacional.

El CSN es signatario de los proyectos internacionales CAMP, OECD/PKL fase 4 y OECD/ATLAS fase 2, relacionados entre sí, ya que los tres están relacionados con el análisis y simulación de secuencias accidentales en reactores nucleares. El primero de estos proyectos, CAMP, es de carácter analítico mientras que los de NEA/OECD son de carácter experimental. Adicionalmente, recientemente se ha elevado la propuesta al Pleno del CSN para la participación del CSN en un nuevo proyecto experimental de NEA/OECD denominado RBHT. Seguidamente se incluye unas secciones con breve descripción de estos cuatro proyectos internacionales.

A continuación se incluye también una sección con diversas áreas de desarrollo del ámbito termohidráulico, resultado de una reflexión dentro del grupo de colaboración CAMP-España que reúne a CSN-Universidades-UNESA-Ingenierías, que ha permitido identificar un conjunto de prioridades y consideraciones que modulan también el planteamiento de objetivos para esta nueva fase de CAMP-España.

2. Programa CAMP de la USNRC. Participación española

El CSN en el marco de sus acuerdos de colaboración mantiene de manera continua un acuerdo con la NRC para la participación en el programa internacional CAMP (Code Applications and Maintenance Program) centrado actualmente en los códigos RELAP5 y fundamentalmente TRACE. El acuerdo, además de una cuota, obliga a la entrega para su revisión, de dos contribuciones en especie (o trabajos técnicos equivalentes) por cada año de vigencia, con la calidad suficiente para ser publicadas como NUREG International Agreement Reports (NUREG/IA).

El Programa CAMP es un programa de cooperación internacional en el área de la investigación termohidráulica promovido por la United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC), que tiene como objetivo fundamental la verificación, validación, mantenimiento y aplicación de los códigos termohidráulicos RELAP5/MOD3 y TRACE. Estos códigos constituyen el estado del arte de la aplicación de la mecánica de fluidos bifásica a centrales nucleares de agua ligera, permitiendo la simulación de gran parte de los escenarios de hipotéticos accidentes, así como pruebas nucleares y/o incidentes reales ocurridos.

Para una mayor difusión de toda la información disponible y su aplicación a las centrales nucleares españolas, el CSN ha promovido la participación de otras organizaciones españolas a través de convenios de colaboración. En etapas previas del proyecto y hasta la fecha, la estructura de CAMP-España ha reunido a cerca de una veintena de organizaciones nacionales.

Las actividades de participación en el Programa CAMP que se han venido realizando se pueden agrupar tal como sigue:

1) Contribuciones en especie. El acuerdo CAMP obliga, además de a una contribución económica, a la entrega al Programa CAMP Internacional de dos informes de evaluación por año o trabajos de valor equivalente, con un nivel de compromiso en cuanto a calidad y contenido definido en el NUREG-1271. El Comité de Coordinación (CC) de CAMP-España analiza y aprueba las propuestas de cada una de las organizaciones participantes, y revisa los trabajos presentándolos para su análisis y aprobación al Comité Técnico del Programa (TPC). El esfuerzo conjunto del país como contribución al programa internacional ha sido de una treintena de cálculos o estudios elaborados por todos los miembros de CAMP-España. Estos trabajos debidamente documentados y revisados por diversos grupos de trabajo de la estructura nacional, son enviados a la USNRC para su revisión y publicación como documentos NUREG International Agreement Reports (NUREG/IA). En la última fase de CAMP-España, la USNRC ha publicado 41 informes NUREG/IA elaborados por distintas instancias (universidades, centrales, CSN, ingenierías) españolas. Los últimos 18, una vez

revisados por CAMP-España, se enviaron a la USNRC una vez satisfechos los condicionantes de la NEA de confidencialidad de los resultados. Ver referencias en sección 10. También en la última reunión internacional de CAMP celebrada en Valencia (sede de la UPV) el TPC de CAMP aprobó la propuesta presentada de 19 nuevas contribuciones (ref. 41).

2) Participación en reuniones de especialistas de CAMP-Internacional y de CAMP-España. El Comité Técnico del Programa (TPC) CAMP-Internacional convoca al año dos reuniones de especialistas. Representantes de CAMP-España han venido participando tradicionalmente en dichas reuniones, haciendo presentaciones relativas a la actualización del estado del proyecto en el país, de identificación de anomalías y/o errores, de descripción de contribuciones técnicas al proyecto o de otras actividades con los códigos. A su vez el Comité de Coordinación (CC) de CAMP-España convoca con cierta periodicidad la celebración de Jornadas Técnicas de CAMP-España (8 hasta la fecha), con un alcance a nivel nacional similar al de la reunión internacional.

3) Colaboración en la identificación y resolución de deficiencias en los códigos y en todas las herramientas soporte (manuales, códigos auxiliares, etc.). Uno de los objetivos del Programa, explicitado directamente en el acuerdo CSN-USNRC, se refiere a la colaboración de los participantes en la identificación y resolución de problemas en los códigos termohidráulicos. Estas deficiencias encontradas se deben documentar en un formato establecido.

3. Proyecto PKL de NEA/OECD. Participación española

Entre 2001 y 2015 se han desarrollado en la instalación PKL sucesivos programas internacionales de termohidráulica experimental auspiciados por la OECD (SETH, PKL, PKL2 y PKL3). Los experimentos realizados en PKL hasta la fecha han contribuido, en su conjunto, a una mejor comprensión de los procesos termohidráulicos complejos que intervienen en distintos escenarios accidentales en una central PWR, así como al planteamiento y evaluación de medidas mitigadoras de accidentes, proporcionando además una valiosa información sobre los márgenes de seguridad disponibles en las centrales. Los resultados de los experimentos se han aplicado también a la validación y al desarrollo de los códigos de simulación termohidráulica. Hasta la fecha en estos programas de NEA/OECD se han analizado las siguientes temáticas de seguridad:

- Dilución de boro tras SBLOCA.
- Accidentes de pérdida de capacidad de extracción de calor en situaciones de operación en parada con inventario reducido con el sistema primario cerrado y abierto.
- Estudio sistemático de los mecanismos de transmisión en los GG.VV. en presencia de mezclas agua/vapor/nitrógeno.
- Procedimientos de enfriamiento en condiciones de circulación natural asimétrica (p. e., con GG.VV. aislados y con secundarios vacíos).
- Investigación de transitorios de enfriamiento rápido (roturas en líneas de vapor).
- Investigación de situaciones accidentales que requieren maniobras de condensación y reflujo (reflux condensation) para diseños PWR avanzados.
- Precipitación de boro tras un LBLOCA y análisis de maniobras de recuperación.
- Maniobras de enfriamiento del primario con formación de burbuja en la cabeza de la vasija.
- Transitorios SBLOCA con fallos en los sistemas de inyección, maniobras de enfriamiento y despresurización con GG.VV. (experimento «counterpart» de uno realizado en ROSA/LSTF).
- Escenarios de Extensión del Diseño, SBO de larga duración y SBLOCA con fallo de los sistemas de seguridad.

Los experimentos realizados en PKL hasta la fecha han contribuido, en su conjunto, a una mejor comprensión de los procesos termohidráulicos complejos que intervienen en distintos escenarios de accidente, así como al planteamiento y evaluación de medidas

mitigadoras de accidentes, proporcionando además una valiosa información sobre los márgenes de seguridad disponibles en las centrales. Los resultados de los experimentos se han aplicado también a la validación y el desarrollo de los códigos de simulación termohidráulica.

Para un mejor seguimiento y aprovechamiento del programa y análisis de la aplicabilidad de los resultados a las centrales nucleares españolas, el CSN ha promovido la participación de otras organizaciones nacionales. Todo ello ha sido canalizado a través del proyecto CAMP-España, reuniendo hasta la fecha participación del CSN, UNESA (y centrales españolas), de 4 compañías de ingeniería españolas vinculadas al sector nuclear (Empresarios Agrupados, Tecnomat, IDOM y NFAQ), y de 5 grupos universitarios nacionales de las universidades UPM, UPV, y UPC.

La actual fase 4 del proyecto PKL se plantea pues como continuación natural de las fases previas también promocionadas y gestionadas desde OECD, ejecutados en el período 2001 a 2016. El proyecto está enmarcado dentro de un contexto actual de realización de análisis sobre aspectos relacionados con la operación y la seguridad que incluyen fenómenos que requieren más investigación o nuevos métodos de análisis o acciones de protección y mitigación.

El proyecto, recomendado por el CSNI, contempla la realización de un programa experimental termohidráulico en el ámbito de diversos escenarios correspondientes tanto a diseños PWR actuales como avanzados. Los experimentos se realizarán en la instalación PKL ubicada en Erlangen perteneciente a FRAMATOME, quién gestionará el proyecto como Operating Agent (OA) del programa. También se contemplan algunos experimentos asociados en las instalaciones PMK operada por el instituto de investigación húngaro MTA EK (anteriormente KFKI), y en la instalación PWR PACTEL operada en la Universidad de Lappeeranta.

Principales características de la instalación experimental PKL:

- Instalación de TH integral que simula una planta PWR (diseño Konvoi de KWU) de 1300 MW.
- Dispone de 4 lazos idénticos y simétricos en torno a la vasija, incluyendo todos los sistemas de seguridad y de operación más relevantes.
- La escala de alturas es 1:1 y de diámetros 1:12 (i.e., escala 1:145 en volumen y potencia).
- Los lazos de refrigeración son idénticos (longitudes y fricciones). El downcomer de la vasija está simulado mediante un anillo y dos tuberías paralelas.
- Dispone de una extensa instrumentación (1500 puntos de medida) en temperatura, presión, caudal (monofásico y bifásico), así como una instrumentación única en concentración local de boro.

Recientemente se han acometido una serie de cambios en la instalación (nueva línea de baipás del caudal de salida de la vasija, internos del plenum superior, mejoras en la instrumentación, y se ha modificado la cabeza y plenum superior de la vasija) para representar un diseño de vasija más cercano al del diseño PWR-W.

En la actualidad se dispone de una base de datos de resultados de más de 200 experimentos realizados desde 1977, y la propuesta del programa experimental PKL4 tiene como objetivo principal la realización de experimentos termohidráulicos relativos a diseños PWR actuales y futuros, con un enfoque en la verificación de guías de gestión de accidente (p.e., procedimientos de enfriamiento). El alcance del programa en la instalación PKL es de 8 experimentos, que cubren los siguientes grupos temáticos:

- I1: Investigación de fenomenología bifásica de efectos separados en situaciones de accidentes LOCA (CCFL en ramas horizontales, condensación y reflujo,...) (1 test, 2 runs).

- I2: Investigación de aspectos relacionados con accidentes de LOCA intermedio:
 - i2.1: SBLOCA, estudio del impacto de la presencia de nitrógeno de los acumuladores en la refrigeración/enfriamiento.
 - i2.2: IBLOCA, experimento «counterpart» con LSTF/ATLAS.
- I3: Accidentes de dilución de boro (1 test):
 - i3.1: Fallo de RHRs, confirmación de conclusiones para plantas de 3 lazos.
- I4: Enfriamiento en condiciones de circulación natural asimétrica (por ejemplo, con GG.VV. aislados), en accidentes DBA o BDBA (2 test):
 - i4.1: Estudios de maniobras de enfriamiento en situación de burbuja en la cabeza de la vasija durante LOOP.
 - i4.2: Maniobras de enfriamiento con alimentación desde bombas portátiles en situación de ELAP (extended loss of alternating current power).
- I5: Estudio de transitorios con precipitación de boro tras accidentes de LOCA grande y análisis de maniobras de recuperación (1 test)
- I6: Estudio de Roturas Múltiples en Tubos de varios GG.VV. (M-SGTR; p.e., resultado de una posible actividad sísmica), propuesto por el organismo regulador japonés para la serie abierta⁽¹⁾.

⁽¹⁾ Se habían propuesto unas categorías abiertas en su planteamiento inicial, cuya concreción se ha ido definiendo en base a resultados que se han ido obteniendo y a las propuestas y opiniones de los participantes durante la ejecución del programa.

Asimismo, de la lista de experimentos en el ámbito de trabajo del proyecto, se maneja también una lista de posibles tests, que aunque no hay recursos (ni temporales ni económicos) para que puedan llevarse a cabo se consideran ante la eventualidad de que entren nuevos socios en el proyecto o de que se produzca una extensión del proyecto, o de que se produzca un cambio de prioridades. Se incluyen los siguientes:

- Transitorios de maniobras de recuperación con burbuja en la cabeza de la vasija tras pérdida de RHR.
- Transitorios de pérdida de RHR con el primario abierto.
- Maniobras de enfriamiento con fallo de sistemas de seguridad, o rotura de tubos.
- Estudios de la eficacia de maniobras de inyección pasiva en el secundario.

También en el programa se incluyen experimentos para recabar información experimental sobre LOCAs intermedios obtenida en la instalación PMK operada por el instituto de investigación húngaro MTA-EK (anteriormente KFKI), y sobre maniobras de enfriamiento con configuraciones asimétricas de disponibilidad en el secundario en la instalación PWR PACTEL operada en la Universidad de Lappeenranta.

El CSN consciente de estas problemáticas de seguridad y del consenso a nivel internacional para ayudar al sostenimiento de las instalaciones experimentales, en su reunión n.º 1.375 de fecha 16 de marzo de 2016 aceptó la tramitación del acuerdo para la participación en la fase 4 del proyecto PKL, promovido y gestionado desde NEA/OECD.

En el proyecto participan organizaciones reguladoras, suministradores principales, ingenierías, compañías eléctricas, organismos de investigación y universidades, de un amplio número de países (Alemania, Bélgica, República Checa, Finlandia, Francia, Japón, República de Corea, España, Suecia, Suiza, China, Hungría, Estados Unidos y Rusia). Por parte española además del CSN, la A.I.E. Centrales Nucleares Almaraz-Trillo participa dentro del grupo de propietarios de centrales de diseño Siemens-KWU.

La estructura de gestión y ejecución del proyecto es análoga a la de los anteriores proyectos, y de otros proyectos gestionados por NEA/OECD, y básicamente está

formado por dos grupos, Programme Review Group (PRG) y Management Board (MB), constituidos por representantes de los países signatarios. En el PRG se discuten detalles técnicos: el diseño y los resultados de los experimentos, así como las actividades de simulación computacional de los mismos. El MB es el encargado de aprobar y dotar de recursos a la organización que ejecuta el programa experimental (Operating Agent, OA), FRAMATOME en este caso. El PRG realiza dos reuniones al año durante el período de vigencia de los acuerdos.

Por otra parte, en última reunión de PRG celebrada en Budapest (sede de MTA-EK, organismo húngaro de investigación), Framatome presentó las primeras ideas sobre posibles temáticas a incluir en una posible continuación del proyecto en su fase 5 (que se denominaría ETHARINUS):

- SBLOCA con roturas en la cabeza de la vasija;
- SBLOCA a partir de condiciones de espera caliente (modo 3);
- Pruebas paramétricas transitorias de eficacia de un sistema pasivo (condensador de seguridad).

En caso de que finalmente se diera esta circunstancia de continuación, y se considerase conveniente en el Comité de Coordinación de CAMP-España referido en el punto 8.3, se podría ampliar o modificar ligeramente el alcance de esta propuesta para incluir actividades en esta nueva fase de PKL.

4. Proyecto ATLAS de NEA/OECD. Participación española

La fase 2 del proyecto ATLAS de la NEA/OECD es la continuación natural del proyecto ATLAS, también de NEA/OECD, y tiene por objetivo la resolución de temas relacionados con la seguridad nuclear y asociados al comportamiento termohidráulico de reactores de agua ligera, mediante la realización de experimentos en la instalación ATLAS de KAERI.

ATLAS (Advanced Thermal-Hydraulic Test Loop for Accident Simulation) es una instalación experimental integral para reactores PWR avanzados que pertenece a KAERI. Como factor de escala corresponde a 1/2 en altura, 1/144 en área y 1/288 en volumen respecto al APR 1400. Como otras características más destacadas, en comparación por ejemplo con PKL, consta de solo dos lazos pero que permiten simulación de refrigeración asimétrica y además permite una simulación flexible de la distribución de potencia generada en el núcleo. Instalación adecuada para estudiar incidencia del factor de escalado, en especial, para fenómenos multidimensionales.

El proyecto ATLAS de NEA/OECD comprendió la realización durante 3 años de 8 experimentos que incluyeron los siguientes grupos:

- Pérdida de potencia exterior prolongada (SBO).
- Pequeñas roturas durante SBO.
- Pérdida total de agua de alimentación (TLOFW).
- Rotura de tamaño intermedio (MBLOCA).
- Temas abiertos a las propuestas de los participantes.

La fase 2 del proyecto ATLAS, que entró en vigor a finales de 2017 y se extenderá hasta finales de 2020, consiste en la realización de 8 experimentos que incluyen los siguientes 5 grupos:

- B1: Refrigeración a largo plazo con bloqueo del núcleo en un escenario de LBLOCA en rama caliente.
- B2: Inyección pasiva del núcleo.
- SBO con el sistema *Hybrid* SIT (sistema híbrido de acumuladores).
- SBLOCA con el sistema PECCS (sistema pasivo de ECCS).

- B3: IBLOCA.
 - Rotura de la línea de compensación del PZR.
 - Rotura de la línea DVI (inyección directa a la vasija).
- B4: Condiciones de extensión de diseño.
 - SLB con SGTR.
 - Refrigeración en parada sin RHRS.
- B5: Serie propuesta como abierta, a decidir por el PRG y MB del proyecto, en base a los intereses particulares de los participantes o aspectos pendientes que resulten durante la propuesta o ejecución de las otras series (p. e., «counterpart» con PKL o ROSA). Tras discusiones en reuniones previas se decidió que fuera un test «counterpart» del test LSTF (SB-PV-07) SBLOCA en la cabeza de la vasija.

Tanto desde el Programme Review Group (PRG) como desde el Management Board (MB) de este proyecto, al igual que ocurre en otros proyectos similares de NEA, también se insiste a los participantes en el interés de colaborar con actividades analíticas de diverso tipo, p.e., análisis *pre-test* para la determinación de las condiciones iniciales de realización de los experimentos; ejercicios Benchmark de intercomparación de resultados de códigos, o análisis *post-test*. Estas actividades analíticas se dirigen también a la ayuda:

- En la validación de códigos de análisis de seguridad para fenomenologías involucradas en estas extensiones del diseño, y
- En el estudio de la incidencia del factor de escala y validación de técnicas de escalado necesarias.

El proyecto está en línea con el informe «Nuclear Safety Research in OECD Countries: Major Facilities and Programmes at Risk (SESAR/FAP, 2001)» y su actualización del 2007, «Support Facilities for Existing and Advanced Reactors (SFEAR)» de NEA/CSNI⁽²⁾, en los que se aborda el importante problema del mantenimiento de cierta infraestructura experimental, y se recomienda el apoyo internacional a ciertas instalaciones consideradas esenciales.

⁽²⁾ Actualmente un nuevo grupo de expertos está editando una versión actualizada.

El CSN consciente de estas problemáticas de seguridad, y también del consenso a nivel internacional para ayudar al sostenimiento de las instalaciones experimentales, en su reunión n° 1.447 de fecha 6 de junio de 2018 aceptó la tramitación del acuerdo para la participación en la fase 2 del proyecto ATLAS, promovido y gestionado desde NEA/OECD.

En el proyecto participan organizaciones reguladoras, suministradores principales, ingenierías, compañías eléctricas, organismos de investigación y universidades, de un amplio número de países (Alemania, Bélgica, Francia, Japón, República de Corea, España, Suiza, China, Estados Unidos y Emiratos Árabes).

La estructura de gestión y ejecución del proyecto es análoga a la de los anteriores proyectos, y de otros proyectos gestionados por NEA/OECD, y básicamente está formado por dos grupos, Programme Review Group (PRG) y Management Board (MB), constituidos por representantes de los países signatarios. En el PRG se discuten detalles técnicos: el diseño y los resultados de los experimentos, así como las actividades de simulación computacional de los mismos. El MB es el encargado de aprobar y dotar de recursos a la organización que ejecuta el programa experimental (Operating Agent, OA), KAERI en este caso. El PRG realiza dos reuniones al año durante el período de vigencia de los acuerdos.

Por otra parte, en última reunión de PRG celebrada en Bruselas (sede de BelV, organismo regulador belga), KAERI presentó las primeras ideas sobre posibles temáticas a incluir en una posible continuación del proyecto en su fase 3:

- Experimentos «counterpart» con otras instalaciones (LSTF, PKL);
- Experimentos de accidentes en parada;
- Pruebas paramétricas de eficacia de diferentes sistemas pasivos (PAFS, HSIT,...).

En caso de finalmente se diera esta circunstancia de continuación, y se considera conveniente en el Comité de Coordinación de CAMP-España referido en el punto 8.3, se podría ampliar o modificar ligeramente el alcance de esta propuesta para incluir actividades en esta nueva fase de ATLAS.

5. Proyecto RBHT de NEA/OECD. Participación española

El conocimiento detallado de la fenomenología durante la reinundación (reflood) del núcleo en diversos escenarios accidentales, y en particular la transferencia de calor en las barras de combustible, es esencial en la evaluación de la efectividad de los sistemas de inyección y refrigeración de emergencia (ECCS). Es una fenomenología muy estudiada, que ha dado lugar a unos modelos mecanicistas basados en los mecanismos fundamentales que rigen la termohidráulica en lugar de basarse en correlaciones empíricas que a menudo estaban restringidas a un rango concreto de aplicabilidad.

Sin embargo, los nuevos diseños de combustibles (materiales de vaina, de rejillas, ...). las condiciones operativas en la actualidad (grado de quemado, niveles iniciales de oxidación,...), así como la necesidad de liberar ciertos conservadurismos en los modelos, vienen demandando una actualización de las bases de datos experimentales soporte que pueda conducir a la confección de modelos más realistas y modernos. La USNRC está promoviendo a través de la NEA/OECD, con tal objetivo un programa experimental en la instalación RBHT (Rod Bundle Heat Transfer). RBHT es una instalación experimental de efectos separados para el análisis de fenomenología de refrigeración local en varillas y elementos combustible que pertenece a Penn State University. Fue diseñada y construida en 1998 con el objetivo de obtener datos para el desarrollo y la evaluación del código TRACE de la US NRC, especialmente en la fase de reflood del LOCA. La instalación ha sido diseñada para:

- Simular la reinundación en un elemento combustible moderno con una distribución de termopares altamente detallada para medir un perfil de temperatura a lo largo del elemento.
- Obtener medidas de tamaño de gota antes y después de las rejillas separadoras para proporcionar mejores datos para la ruptura de la gota.
- Medir las temperaturas de la rejilla espaciadora para determinar el tiempo y las condiciones en que se produce el remojado de la rejilla.
- Obtener velocidades de gota.
- Obtener temperaturas de vapor con un detalle axial significativo.
- Obtener una medición detallada del gradiente de presión axial en el elemento.
- Realizar experimentos de manera que prolongue las condiciones relativamente estables para aumentar los datos en varios regímenes de transferencia de calor.

En el pasado se han realizado numerosos ensayos experimentales con condiciones de contorno constantes y estacionarias, pero existen relativamente pocos experimentos con caudales de entrada variables u oscilantes, correspondientes condiciones y escenarios de hipotéticos accidentes.

El objetivo fundamental del proyecto RBHT es la realización de nuevos experimentos en condiciones de la fase de «reflood» de un accidente LOCA, con condiciones de entrada no estacionarias ni constantes, y la realización de un benchmark (BM) para la simulación de los resultados con evaluación de las incertidumbres asociadas. De los resultados del proyecto se espera, a partir de la evaluación de estos datos que se

obtengan de los experimentos, desarrollar modelos termohidráulicos mejorados y más «mecanicistas». Es decir, modelos para procesos físicos que se basarían en los mecanismos fundamentales que gobiernan la termohidráulica en lugar de basarse en correlaciones empíricas, dado que estas últimas a menudo se restringen a un rango específico de aplicabilidad.

En el programa experimental se explotará en primera instancia, la capacidad de producir en RBHT diferentes caudales de entrada variable y medidas detalladas de los efectos de rejilla, del efecto del espaciador y de tamaños de gota. Se pretende realizar estudios paramétricos con una amplia variedad de condiciones de contorno e iniciales en presión, caudales de entrada, subenfriamiento a la entrada, calor residual, etc., para un total de aproximadamente 8-10 tests. Se llevará a cabo también un segundo conjunto de tests (aproximadamente 4), abiertos a las recomendaciones y sugerencias de los participantes.

De todos estos tests se plantearán BM ciegos de comparación de resultados analíticos con distintos códigos. En estos ejercicios BM se realizarán simulaciones numéricas ciegas de un conjunto inicial de datos para examinar la capacidad predictiva de los códigos previa a la liberación de los datos experimentales. Parte esencial de esta fase ciega (blind) será la realización de una cuantificación de la incertidumbre de los códigos y de los modelos, importante en usos modernos que implican métodos de «mejor estimación» (BEPU). El proyecto es adecuado para involucrar a una amplia gama de herramientas computacionales: códigos termohidráulicos de sistema (RELAP5, TRACE), de subcanal (COBRA) y posiblemente CFD (FLUENT, ANSYS). La organización de unos talleres (workshop) permitirá compartir los resultados de los BM, experiencias de uso y análisis de sensibilidad e incertidumbre realizados.

En la propia propuesta de la USNRC, se indica que se trata de un programa experimental orientado también a la verificación/validación y desarrollo de herramientas de simulación termohidráulica (i. e., al objetivo de CAMP).

La duración del Proyecto RBHT es de 3 años, estimándose su comienzo hacia mediados de 2019. La estructura de gestión y ejecución que se plantea para el proyecto es análoga a la de otros proyectos gestionados por NEA/OECD, básicamente está formado por dos grupos, Programme Review Group (PRG) y Management Board (MB).

6. *ISP (International Standard Problem) en ACME*

Se ha propuesto en el grupo WGAMA del CSNI de NEA, llevar a cabo un así denominado ISP (International Standard Problem) en la instalación china ACME. Este ISP está promovido y organizado por el organismo de investigación nuclear chino SPIC (Chinese State Power Investment Corporation Central Research Institute) y avalado desde NEA/OECD. Los ISP de la NEA son ejercicios internacionales de comparación de resultados de códigos de simulación termohidráulica y de resultados experimentales muy reglados y estructurados que coordina un promotor, en este caso SPIC, sobre los resultados de un experimento particular de una instalación particular, en este caso de la instalación ACME. ACME es una instalación que replica el diseño CAP1400 chino equivalente a un AP1000 de Westinghouse pero de mayor potencia y con algunos sistemas específicos de seguridad pasiva (p. e., CMTs, ACCs, IRWST, PRHR, PCCS,...), similares en algunos aspectos a los sistemas de salvaguardia pasivos de los diseños AES-92 y AES-2006 rusos, HPR1000 (Hualong One) chino, APR+ coreano y también a los de los múltiples diseños de reactores modulares IPWR (CAREM, SMART, SMART PPE, NuScale, RITM, SMR-160, Westinghouse SMR, CAP-200 y UK-SMR).

La propuesta actual consiste en la realización de:

1. Un ejercicio ISP abierto (i. e., con disponibilidad completa de la descripción de condiciones de contorno e iniciales, y de los resultados experimentales) de un experimento SBLOCA en ACME.
2. Dos ejercicios ISP ciegos (i. e., sin disponibilidad previa de los resultados experimentales) en dos experimentos ACME.

El trabajo propuesto se justifica en un amplio contexto internacional de realización de ejercicios conjuntos de validación de los códigos termohidráulicos frente experimentos en instalaciones integrales, p. e., recientemente en los proyectos PKL, ATLAS y ROSA de NEA, anteriormente mencionados. También está en relación con diversas actividades internacionales encaminadas a conseguir experiencia y evidencias experimentales y analíticas sobre el diseño y seguridad de sistemas termohidráulicos pasivos.

Los ejercicios ciegos permiten comparar y evaluar la capacidad de los códigos BE (de estimación óptima) en términos de su capacidad predictiva, y así mejorar la confianza en ellos como herramientas de evaluación para abordar cuestiones de seguridad. Este tipo de ejercicios también permiten identificar y resaltar las posibles deficiencias en los códigos, y ayudar así a los usuarios a identificar los límites en la simulación. Se mejora con ello en definitiva, la capacidad de análisis, se proporciona información para la cuantificación de las incertidumbres, se puede sugerir experimentos necesarios para reducir las ambigüedades técnicas identificadas, y se evalúa la eficiencia y la precisión de los códigos.

El primer ejercicio ISP abierto permitiría, además de analizar en detalle el experimento, poner a punto y calibrar el modelo analítico de simulación que se utilizase en las fases ciegas.

Se realizarán varios talleres y reuniones con los participantes para diseñar los ejercicios, presentar los resultados, y elaborar la documentación soporte final. Todas estas reuniones estarán lideradas por el organizador (SPIC), con colaboración de NEA y KAERI.

Se prevé la participación de organizaciones internacionales de todo el espectro de partes interesadas del sector nuclear, i.e., reguladores, institutos de investigación, ingenierías, titulares de CCNN.

El alcance temporal sería de 3 años, desde comienzos del 2020 a finales del 2022.

7. Diseños de Combustible Tolerantes a Fallo (ATF, Accident Tolerant Fuels)

Todos los reactores de agua ligera (LWRs) en todo el mundo están utilizando actualmente sistemas de combustible compuestos por óxido de uranio (UO₂) dentro de un revestimiento de aleación a base de zirconio. Algunos reactores utilizan combustibles de óxido de uranio-plutonio, que también se conocen como combustibles de óxido mixto (MOX). El sistema de óxido-zircaloy se ha optimizado durante muchas décadas y funciona muy bien en operaciones normales y transitorios anticipados. Sin embargo, existen algunos accidentes en los que la refrigeración del núcleo se pierde temporalmente y parte del núcleo queda al descubierto, en dichas situaciones el Zircaloy entra en contacto con vapor a alta temperatura y se produce una reacción altamente exotérmica, en la que además se genera hidrógeno libre. Es por ello que se podrían alcanzar situaciones con un exceso de generación de calor y de hidrógeno, resultando en daño de núcleo no deseable.

Después del accidente de Fukushima se ha extendido el interés internacional en la exploración de combustibles con mejores prestaciones durante este tipo de accidentes de muy baja probabilidad, intentando conseguir diseños de combustibles, así denominados, Tolerantes a Accidentes (ATF). Aunque esta posibilidad por sí sola resultaría insuficiente para mitigar las consecuencias de los accidentes, este tipo de combustible, en combinación con otras prestaciones en sistemas y/o acciones humanas, podría aliviar las consecuencias de estos eventos de muy baja frecuencia, al tiempo que proporcionaría eventuales beneficios adicionales durante eventos más frecuentes y/u operación normal.

A nivel mundial existen numerosos programas en muchas instituciones de investigación y equipos de la industria con este objetivo. A título de ejemplo, la NEA ha reunido a un grupo de expertos recientemente, al que ha encargado la revisión de la

cuestión (plasmada en el informe ref. 37). Aparte de revisar los diferentes programas de investigación en esta línea, en este informe se abordan los siguientes problemas:

- Evaluación de métricas de éxito y el marco de evaluación:
 - Definición de propiedades deseadas en vainas y combustibles;
 - Definición de métricas de evaluación del comportamiento contra mezclas de óxido;
 - Definición de experimentos; identificación de escenarios de accidentes ilustrativos;
 - Definición de los niveles de capacidad tecnológica aplicable;
 - Identificación de herramientas de modelado y simulación disponibles.
- Opciones de revestimientos y materiales básicos:
 - Aleaciones de zirconio (Zr) recubiertas y mejoradas;
 - Aceros avanzados;
 - Metales refractarios (molibdeno);
 - Carburo de silicio (SiC) y compuestos SiC/SiC;
 - Varillas de control con tolerancia a accidentes (ATCR) y caja de canales SiC/SiC para reactores BWR.
- Opciones de combustible:
 - UO₂ mejorado;
 - Combustibles de alta densidad;
 - Combustible micro-encapsulado.

Además, en este informe se dedica un capítulo a la definición de los escenarios de accidente más significativos para la evaluación de combustibles ATF y que son aplicables a todas las tecnologías (PWR, BWR o VVER). Dichos escenarios son:

- SBO: Escenario con alta presión.
- LBLOCA: Escenario de baja presión.

Sin embargo, también se han realizado trabajos en otros escenarios accidentales como por ejemplo en situación de accidente por inserción de reactividad (RIA) (ref. 38).

Por otra parte, cabe destacar que a nivel nacional se acaba de celebrar el Taller sobre ATF los días 20 y 21 de junio de 2019 en el que participaron más de 50 personas y unas 15 empresas e instituciones (incluyendo varios participantes de EEUU), varias de las cuales participan en esta propuesta.

Se pretende con esta línea de actividad explorar las capacidades actuales de los códigos CAMP (tanto neutrónico, termomecánico y termo-hidráulico, como incluso de accidente severo) para representar este tipo de diseños de combustible, para identificar bondades y deficiencias, y colaborar en la eventual resolución de éstas. De hecho, internacionalmente, ya se han realizado trabajos con el código TRACE basados en el estudio del comportamiento de los ATF en transitorios como por ejemplo la pérdida de corriente alterna exterior (LOOP), la rotura de tubos del generador de vapor (SGTR), accidentes con pérdida de refrigerante (SBLOCA y LBLOCA) (ref. 39) y con una versión modificada de los códigos FRAPCON 4.0/FRAPTRAN 2.0 denominada FRAP-ATF con el objetivo de conocer el comportamiento de los nuevos combustibles micro-encapsulados frente a fenómenos de oxidación, producción de gases de fisión (ref. 40).

8. *Áreas temáticas prioritarias de investigación en simulación termohidráulica*

Dentro del Comité de Coordinación del grupo de CAMP-España, que reúne a CSN-Universidades-UNESA-Ingenierías, se ha continuado con el ejercicio de reflexión para determinar el conjunto de prioridades y consideraciones que deben modular el

planteamiento de objetivos para esta nueva fase de CAMP-España. Como resultado de una reflexión se ha llegado a las siguientes conclusiones:

– Siguen apareciendo necesidades de desarrollo y análisis en el ámbito de la investigación termohidráulica. Si bien es una disciplina madura y consolidada, resulta conveniente y necesario seguir colaborando con los escasos programas de experimentación termohidráulica en el sector nuclear, aportando la experiencia analítica con los códigos termohidráulicos. Se considera que los programas PKL, ATLAS y RBHT promovidos y organizados desde la NEA/OECD, cubren gran parte de la necesidad experimental de análisis de escenarios accidentales.

– Se considera que debe mantenerse como objetivo importante de la serie de proyectos CAMP el sostener el desarrollo de modelos de las centrales nucleares españolas con los códigos TH más actuales y la verificación y validación (V&V) de los mismos. Se ha invertido un cierto esfuerzo en el pasado a tal fin, y se cree necesario mantener recurrencia en este tipo de objetivos, mediante el aprovechamiento de la experiencia experimental adquirida al ámbito de las instalaciones comerciales, uso o mejora de las metodologías de cuantificación de incertidumbres y de las técnicas de escalado.

– Se considera muy importante el seguir dando pasos en el desarrollo de técnicas y herramientas que faciliten la verificación y validación (V&V) cuantitativa de los resultados obtenidos con este tipo de herramientas. El uso de soluciones informáticas y metodológicas a tal fin, como ACAP (Automatic Code Assessment Platform de la NRC), el Postprocesador Termohidráulico, pero también los métodos BEPU, de análisis de sensibilidad, o de escalado, facilitan tal tarea.

– Las metodologías realistas con análisis de incertidumbres (BEPU) son métodos cada vez más consolidados y extendidos que cuentan con una amplia red de usuarios e investigadores a nivel mundial. Se considera importante que se amplíe las aplicaciones y que de manera recurrente cada cálculo realizado lleve anejo su análisis de incertidumbres y/o sensibilidad. La potencia de cálculo actual y herramientas CAMP disponibles (SNAP) facilitan tal objetivo.

– El estado actual del sector nuclear ha hecho que aparezcan necesidades de evaluación de la seguridad de sistemas, estructuras y componentes no tan tradicionales como los sistemas de seguridad de las plantas. Tal es el caso de las piscinas de combustible gastado y los contenedores. Se considera muy necesario habilitar métodos, herramientas, modelos y usuarios para tales aplicaciones de los códigos, no tan convencionales. Conocer las posibles limitaciones de los códigos a tales aplicaciones es también fundamental.

La propuesta que sigue es un intento de dar respuesta a las consideraciones generales anteriormente enunciadas, definir las prioridades del CSN con un enfoque nuevo para esta edición de CAMP. Estas áreas temáticas de interés se han estructurado en tres amplias líneas.

1) Análisis de experimentos de los programas de la NEA/OECD.

A. Realización de análisis pre-test y post-test de validación, y de aplicación a las centrales nucleares españolas con las versiones actuales de los códigos disponibles en la comunidad termohidráulica española en aspectos fenomenológicos de las series experimentales de los programas PKL, ATLAS y RBHT. Se usará fundamentalmente TRACE, aunque se podrá utilizar también RELAP5 en casos identificados de interés y con propósito de comparación con TRACE, o en casos para los que se determine que TRACE no es adecuado.

B. Participación en el ISP (International Standard Problem) de ACME (Advanced Core-cooling Mechanism Experiment).

2) Propuestas de contribuciones CAMP sugeridas desde la USNRC.

La USNRC en las reuniones semestrales del programa CAMP presenta las novedades y modificaciones acometidas en los códigos (TRACE y RELAP5), y presenta a los participantes una propuesta de mejoras y análisis en dónde los desarrolladores de los códigos necesitan una ayuda de evaluación y/o de desarrollo. Esta lista suele ser abierta, pues en cada reunión (2 al año) el contenido va cambiando. Siempre se insiste en que los análisis se centren en la medida de lo posible en estudios de «assessment» con TRACE, que prueben o desafíen los nuevos modelos y prestaciones del código. En las últimas reuniones algunas de estas sugerencias han sido:

- «Assessments» con experimentos en instalaciones integrales (p. e., las de los proyectos de NEA, PKL, ATLAS y RBHT anteriores).
- Aplicaciones y desarrollos en el ámbito de reactores experimentales y de investigación.
- Módulo ECI (External Communication Interface), que permite el acoplamiento con otros códigos o plataformas computacionales.
- Aplicación y evaluación de la nueva numérica implícita y mejora de la robustez.
- Modelos de varillas de combustible y de espaciadores.
- Modelos de fracción de huecos y de gotas en situaciones Pre-CHF, y mejoras en la robustez de la resolución numérica del campo de gotas de líquido.
- Desarrollo, aplicación y evaluación de mejoras en la modelación de sistemas de control, factores de forma en caudales en régimen laminar (al estilo de RELAP5).
- Desarrollo, aplicación y evaluación de un modelo de transmisión de calor en geometrías rectangulares y placas planas (al estilo RELAP5).
- Desarrollo, aplicación y evaluación del tratamiento de las propiedades de sales fundidas (FLiBe, FLiNaK, KFZrF4, and NaFZrF4; contribución de ORNL).
- Implantación de paquetes numéricos avanzados (PETSC,...).
- Implantación de nuevos modelos de válvulas (de muelle y de disco).
- Mejora de la modelación y simulación de sistemas de control.
- Acoplamiento de TRACE con Lua/Python para poder implantar módulos (externos) en TRACE.

Al ser abierta esta lista de sugerencias, se deberá hacer un seguimiento y actualizar el contenido de esta actividad, en función de las necesidades y propuestas que se vaya haciendo desde el proyecto CAMP de la USNRC.

3) Análisis soporte para la consolidación de herramientas TH en España.

A. Análisis de diseños de combustibles ATF: Como se ha indicado anteriormente el objetivo de esta actividad es iniciar una línea de investigación nacional que pudiera dar soporte analítico a las organizaciones nacionales interesadas en este tipo de combustibles, en el futuro. Se pretende explorar las capacidades actuales de los códigos CAMP (tanto neutrónico, termomecánico y termo-hidráulico, como incluso de accidente severo) para representar este tipo de diseños de combustible, para identificar bondades y deficiencias, y colaborar en la eventual resolución de éstas. Esta línea requiere por tanto la puesta a punto de capacidades de simulación neutrónica, termomecánica y termohidráulica acopladamente, por lo que la interacción PARCS-TRACE, y sus componentes que emulan a FRAPCON y FRAPTRAN, resulta esencial para estas actividades. Resultará esencial también una interacción cercana con las organizaciones interesadas (centrales e ingenierías), para acceder a la información más realista disponible en la industria.

B. Validación de componente VESSEL (3D) de TRACE: Aunque en los últimos años se ha comenzado a utilizar esta componente de TRACE en diversas aplicaciones y análisis, todavía se carece de una gran experiencia y confianza en su uso. Existe una amplia base de datos de experimentos, tales como ROCOM de los programas PKL, UPTF, o incluso otras que se puedan identificar, en dónde se dispone de información

experimental de carácter tridimensional. Asimismo, una de las conclusiones bastante recurrentes de las reuniones de expertos y workshop (p. e., en el contexto de los programas experimentales de la NEA) ha sido la conveniencia de utilizar los resultados experimentales de los programas, para validar componentes 3D de los códigos de sistema.

C. Mejoras y Aplicaciones de Metodologías BEPU: Los análisis de accidentes de plantas nucleares se han realizado, tradicionalmente, con modelos computacionales e hipótesis de carácter conservador. A finales de los años 1980 se empezó a autorizar internacionalmente el uso de modelos e hipótesis realistas con estimación de incertidumbres, también llamados BEPU («Best Estimate Plus Uncertainty»). Desde entonces, las metodologías BEPU de análisis de accidentes han ido aumentando su presencia en Seguridad Nuclear. Por otro lado, la regulación de los análisis LOCA/ECCS se está modificando actualmente, a nivel internacional. Existe un proyecto de cambio de uno de los criterios de aceptación a corto plazo, referido al espesor de óxido permitido en las vainas de combustible (Zircaloy). En lugar de establecerse un límite universal del 17% del espesor original de vaina, la USNRC proyecta ahora establecer una condición más restrictiva, consistente en un límite dependiente del contenido inicial de hidrógeno en la vaina. En Alemania este cambio ya se ha llevado a cabo. Este cambio obligará probablemente a repetir los análisis de LOCA de las plantas españolas, y al menos uno de esos nuevos análisis se haría con metodología BEPU. Por ese motivo, se debe estar preparado para mantener y mejorar su capacidad en la evaluación de metodologías BEPU y sus aplicaciones, y las herramientas y metodologías necesarias deben estar dispuestas y validadas para tal tipo de aplicaciones.

Las metodologías BEPU actuales se basan, en su mayoría, en la modelación probabilista de la incertidumbre. Existe un procedimiento que se considera esencialmente adecuado para la propagación de incertidumbre a través de modelos de cálculo, y es el análisis de Monte Carlo, especialmente el llamado Monte Carlo puro, que se basa en el muestreo aleatorio simple (MAS) de los inputs (modelados como variables aleatorias) y el cálculo con el modelo computacional (p. e., con un código CAMP), de manera que se obtienen muestras aleatorias simples de los resultados del cálculo. El problema es que, cuando el cálculo con el modelo consume mucho tiempo y recursos, un Monte Carlo completo (que permita la estimación precisa de la distribución de probabilidad de los resultados) es prohibitivo. Una posibilidad más económica es la de utilizar una muestra de tamaño moderado y utilizarla para construir lo que se llama un intervalo de tolerancia del resultado de seguridad; se trata de un intervalo que contiene a dicho resultado con, al menos, un nivel preestablecido de tolerancia. Los reguladores exigen típicamente un nivel (95, 95), y eso significa la construcción de intervalos que contengan al resultado de seguridad con, al menos, una probabilidad 0.95 y una confianza estadística del 95%. Intervalos de este tipo son suficientes para demostrar el cumplimiento del criterio regulador de aceptación; y para construirlos bastan sólo unas decenas de cálculos con el código.

Existe un método de construcción de intervalos de tolerancia universalmente utilizado y empleado: el método de Wilks (o el de Wald, si se tienen que verificar varias figuras de mérito simultáneamente), basado en estadísticos de orden. Tiene una especial aceptación por los reguladores, porque requiere un mínimo de hipótesis (es exacto, no paramétrico y no bayesiano); además es conservador en relación con otros métodos.

D. Mejoras y Aplicaciones de Metodologías de Escalado: La validación experimental de los códigos y métodos de análisis de accidentes se basa en experimentos que normalmente se realizan en instalaciones a menor escala que la de las plantas nucleares reales. El análisis de escala constituye un elemento clave en la interpretación de los resultados obtenidos para instalaciones experimentales, para su extrapolación a resultados de planta. El análisis de escala permite, a través de un análisis dimensional, establecer los grupos adimensionales de variables que posibilitan la comparación entre las diversas instalaciones y los resultados de planta. Este tema es de gran importancia a la hora de establecer el impacto del escalado en la incertidumbre

asociada a la capacidad de predecir fenómenos termohidráulicos. Todo ello permite trasladar la validación realizada en instalaciones experimentales a situaciones reales. La importancia del efecto de escala queda bien reflejada con la reciente emisión (marzo de 2017) del documento de la NEA «A State-of-the-Art Report on Scaling in System Thermal-Hydraulics Applications to Nuclear Reactor Safety and Design», NEA/CSNI/R(2016)14. Hay varios informes NUREG/IA realizados en CAMP-España que abordan la extensión de problemáticas planteadas en algunas de las series experimentales de PKL y ROSA a plantas nucleares comerciales españolas. Esto se ha hecho en algunos casos mediante la aplicación de ciertas metodologías de Escalado (Scaling). De manera independiente al proyecto, pero gracias a la posibilidad de acceso a los códigos CAMP y a la participación en los programas experimentales, se ha desarrollado en la UPC un trabajo de tesis doctoral, que tuvo como objetivo el desarrollo de una metodología híbrida de escalado, y su validación y verificación frente a un caso realista en una planta española.

Se considera pues muy necesario seguir dando pasos en la mejora y aplicación de estas metodologías de escalado y el análisis exhaustivo de experimentos «counterpart». Una de las conclusiones recurrentes de los WS conjuntos de actividades analíticas de los proyectos PKL, ROSA y ATLAS ha sido resaltar el interés de los análisis «counterpart» (p. e., G7 de PKL fase 2 y T3 de ROSA fase 2, y otros más recientes de PKL fase 4 y ATLAS fase 2) a efectos de profundizar en el uso de técnicas de escalado vinculadas por ejemplo a metodologías BEPU. Se ha participado en algunas experiencias organizadas en estos contextos de la NEA, y ha habido desarrollos y aplicaciones notables promovidos desde la organización de CAMP-España, pero es muy necesario y de interés seguir con las aplicaciones y desarrollos en esta línea. El objetivo debe ser la aplicación de estos «counterpart» y metodologías de escalado hasta la escala y diseño de nuestras plantas.

E. Acoplamiento de Códigos: Una de las características con la que se ha diseñado TRACE es que habilita su conexión con otros códigos y entornos de simulación (neutrónicos, de contención, control y protección,...). TRACE dispone del componente ECI (External Communication Interface), que facilita el establecimiento de un canal de comunicación, a través de una serie de variables físicas (condiciones frontera) que son salida de uno de los códigos que se comunican y entrada al otro, y viceversa.

Representantes españoles en CAMP han hecho uso de estas prestaciones para distintos propósitos y han tenido un rol bastante relevante en el desarrollo y depuración de ECI. Un ejemplo significativo resultó en la publicación del NUREG/IA-0179, en el que se propone además una Metodología estandarizada de Acoplamiento de Códigos. Este trabajo es además resultado de una colaboración de UPM/CSN con la USNRC, en el que hubo personal de la UPM destacado en una de las universidades colaboradoras de la USNRC, y en el que se habilitó la conexión TRACE-CONTAIN.

Los desarrollos ya obtenidos en el pasado y disponibles en la actualidad (TRACE/PARCS, TRACE/CONTAIN) se deben poner a punto, actualizar y evaluar su capacidad actual. Asimismo, aprovechando esa experiencia se deben poner a punto otros acoplamientos que se consideren más importantes, p. e. TRACE/FRAPCON o con FRAPTRAN, TRACE/COBRA-TF, con códigos de estructuras.

Por todo ello, se considera necesario seguir explotando esta capacidad (además solicitada desde la USNRC; ver punto anterior B), e incrementando la experiencia de uso. Por sus prestaciones y capacidades, la interfaz gráfica de usuario SNAP puede ser la plataforma en la que se realicen los desarrollos y aplicaciones.

F. Validación, Evaluación y Aplicación de PARCS (TRACE-PARCS, RELAP5-PARCS): Recientemente se han realizado desde CAMP-España algunas aplicaciones tendentes mejorar en la modelación y simulación del movimiento de barras de control, y de la interacción TH-neutrónica. Uno de los trabajos (NUREG/IA-402), ha implantado una mejora en el código RELAP5 para facilitar el movimiento de barras de control y de la interacción termohidráulica-neutrónica correspondiente. El objetivo del trabajo fue introducir una mejora en el acoplamiento neutrónica 3D-termohidráulica en el

acoplamiento RELAP5/PARCS v2.7, mediante la adición de un modelo para el movimiento de las barras de control, con el objetivo de poder analizar dinámicamente accidentes y transitorios asimétricos, como los accidentes de inserción de reactividad (RIA) en un reactor nuclear, reproduciendo todos los sistemas de control de los reactores (NUREG/IA 0255). La modificación desarrollada en este trabajo permite el movimiento automático de las barras de control, mediante bloques de control de RELAP5, y en función de las variables relacionadas con el balance de reactividad (p.e., temperatura de combustible, temperatura del moderador, presión, etc.). Con ello se mejora el realismo del cálculo y las capacidades de simulación. El trabajo fue realizado por el grupo ISIRYM en la UPV, en colaboración con CNAT. La experiencia puede servir de base para su aplicación a TRACE.

Por otra parte, no ha habido un número relevante y notorio de actividades, de aplicación o de validación de la interacción TH-neutrónica (i. e., con TRACE-PARCS). La propia USNRC, ha sugerido también a los participantes en CAMP la posibilidad de realización de contribuciones técnicas en este tema, a ser posible con datos neutrónicos realistas. Por todo ello se considera relevante avanzar en el conocimiento y experiencia de este ámbito de aplicaciones.

G. Análisis de piscinas de combustible: Es este un ámbito de aplicación de los códigos de sistema no explorado desde CAMP-España, y que por su actualidad debe ser considerado como un candidato para su estudio. Ha habido en el pasado algún ejercicio piloto desarrollado en la UPV, pero se perciben ámbitos de ampliación. Recientemente se ha publicado como contribución en especie a CAMP de Taiwan el NUREG/IA-0482, en el que se plantea una metodología de análisis de seguridad de piscinas de combustible gastado de alcance amplio que hace uso de un código de sistema (TRACE), de accidente severo (MELCOR), de CFD y termomecánico (FRAPTRAN). Se trata de un buen referente para una posible aplicación al caso de alguna central española.

H. Análisis de contenedores: Éste es otro ámbito de aplicación de los códigos de sistema no explorado desde CAMP-España, pero que tienen una relevancia y actualidad notable. Es además un ámbito dónde la colaboración investigación explotador de centrales resulta necesario. Se considera muy necesario iniciar actividades en esta línea.

I. Comparación de modelos y capacidades de TRACE y RELAP5, incluyendo comparación de resultados: Dado el actual grado de desarrollo de TRACE y el proceso de suspensión del desarrollo y mantenimiento de RELAP5 realizado por la NRC desde primeros de 2018, se hace necesario una comparativa entre ambos códigos, lo más exhaustiva posible, a efectos de determinar Potencialidades y Carencias de TRACE con respecto a RELAP5. El grupo de carencias puede servir para lanzar solicitudes de desarrollo en RELAP5 que se consideran prioritarias antes de su clausura en 2018. Como hay mucha literatura escrita a este respecto de comparación, se podría arrancar este estudio con una revisión bibliográfica.

Este estudio comparativo incluiría:

- a. Tarea de análisis comparado TRACE/RELAP sobre fenomenología básica, modelos/correlaciones/aplicaciones a problemas simples.
- b. Tarea de análisis comparativo TRACE/RELAP de simulación de componentes importantes de las plantas y/o nodalizaciones sugeridas.
- c. Seguimiento de versiones de TRACE/PARCS/SNAP a partir de un punto de corte acordado (p. e., TRACE 5.0).

J. Comparación de modelos y capacidades de TRACE y TRAC/BF1, incluyendo comparación de resultados. Análisis de inestabilidades en BWR. Dado el actual grado de desarrollo de TRACE se hace necesario una comparativa entre ambos códigos, lo más exhaustiva posible, a efectos de determinar potencialidades y carencias de TRACE con respecto a TRAC/BF1. Como hay mucha literatura escrita a este respecto de comparación, se podría arrancar este estudio con una revisión bibliográfica.

Este estudio comparativo incluiría:

- a. Tarea de análisis comparado TRACE-TRAC/BF1 sobre fenomenología básica, modelos/correlaciones/aplicaciones a problemas simples.
- b. Tarea de análisis comparativo TRACE/TRACBF1 de simulación de componentes importantes de las plantas y/o nodalizaciones sugeridas.
- c. Análisis de inestabilidades en BWR con TRACE 5.0. Comparación con análisis previos realizados con TRAC/BF1.

K. Desarrollo de guías y/o buenas prácticas de modelación aplicables a ciertas familias de escenarios y/o transitorios. Aunque la documentación de los códigos en sus aspectos teórico, de manual de usuario y de desarrollador, están en la actualidad muy maduras (documentación de los códigos editada por los desarrolladores), no lo está tanto la documentación relativa a las buenas prácticas de modelación y guías para la simulación de transitorios. La experiencia adquirida por los usuarios españoles de los códigos CAMP permite intentar abordar esta tarea de documentación. Se debe intentar acordar con los desarrolladores de la USNRC los ámbitos y la prioridad con la que se acometería esta tarea.

L. Actividades en SNAP: Es otro ingrediente de los trabajos anteriores donde se ha adquirido gran experiencia de uso, pero que no ha quedado suficientemente plasmada o explicitada en los documentos NUREG/IA presentados desde CAMP-España. Se entiende que se puede aportar esta experiencia como contribución en especie a CAMP, a través de material didáctico y de entrenamiento (del que SNAP no dispone en la actualidad), o de documentación de aplicaciones concretas (p. e., simulación interactiva, o edición de máscaras,...), o de desarrollo de plugins de aplicaciones particulares que se consideren relevantes. Es éste un ámbito de aplicaciones muy abierto a la iniciativa de los investigadores.

M. Análisis de seguridad para reactores SMR: En los últimos años, el interés sobre los reactores SMR de agua ligera ha crecido considerablemente y varios países apuestan por la construcción de este tipo de reactores. En los Estados Unidos, el diseño del reactor NuScale ya ha sido certificado por la NRC y hay un número importante de proyectos en diferentes países. En esta línea, se pretende estudiar la respuesta de este tipo de reactores a situaciones accidentales como LOCAs intermedios y SBO.

9. Proyecto coordinado de «Participación en los proyectos de mantenimiento de códigos de NRC (CAMP) y programas experimentales de NEA/OECD (PKL, ATLAS Y RBHT), y su aplicación a plantas españolas (CAMP-ESPAÑA)»

En definitiva, con todos los antecedentes descritos, se formaliza este Convenio de colaboración con las Universidades Politécnicas de Madrid, Catalunya y València, con el objetivo fundamental de llevar a cabo el desarrollo de actividades nacionales en los citados proyectos internacionales CAMP de la USNRC, y PKL, ATLAS y RBHT de NEA/OECD, y su aplicación a las centrales nucleares españolas.

Los equipos participantes en esta propuesta son entidades con estructura y capacidad de gestión para la realización de las actividades y tareas previstas, con los objetivos que se detallan en los puntos siguientes. Han trabajado en diversos proyectos comunes, ICAP, CAMP, CTC y SETH, y el más reciente «Análisis y simulación de los experimentos PKL3/OECD y ATLAS/OECD y su Aplicación a las CC.NN. españolas (CAMP-España)».

El proyecto estará estructurado en 5 sub-proyectos acometidos por otros tantos grupos universitarios:

- Sub-proyecto 1, UPV-GV: Universitat Politècnica de València, grupo dirigido por el profesor Gumersindo Verdú Martín.
- Sub-proyecto 2, UPV-SM: Universitat Politècnica de València, grupo dirigido por el profesor Sebastián Martorell Alsina.

- Sub-proyecto 3, UPV-MC: Universitat Politècnica de València, grupo dirigido por el profesor Facundo Alberto Escrivá Castells.
- Sub-proyecto 4, UPC: Universitat Politècnica de Catalunya, grupo dirigido por la profesora Carme Pretel Sánchez.
- Sub-proyecto 5, UPM: Universidad Politécnica de Madrid, grupo dirigido por el profesor José Cesar Queral Salazar.

9.1 Objetivos principales: Los objetivos generales ligados a los de los programas internacionales son:

1. Colaboración en la participación nacional en los proyectos PKL, ATLAS y RBHT de la NEA/OECD, y CAMP de la NRC.

2. Investigación de aspectos específicos de seguridad relativos a los accidentes simulados en ambos programas experimentales (por ejemplo: Fenomenología de transferencia de calor durante la reinundación del núcleo, múltiples roturas de tubos de GGVV, transferencia de calor en presencia de incondensables, estudio de transferencia de calor con GGVV secos, transitorios de enfriamiento rápido, precipitación de boro, LBLOCA, SBLOCA, Station Blackout, etc.).

3. Con posterioridad a la ejecución de los mencionados proyectos y a partir de sus conclusiones, realización del análisis de la aplicabilidad y/o extensión de los resultados y conocimientos adquiridos en estos proyectos a la seguridad, operación o disponibilidad de las centrales nucleares españolas.

4. En cuanto al Proyecto CAMP, los principales objetivos, son los propios del acuerdo del CSN con la USNRC, aplicables a cada uno de los códigos de cálculo ofrecidos por la USNRC incluidos en el proyecto, son los siguientes:

- Compartir experiencias respecto a errores e insuficiencias en los códigos y cooperar a su resolución y al mantenimiento de una versión única, reconocida internacionalmente, de cada uno de ellos.

- Compartir experiencias en cuanto a escalabilidad, aplicabilidad y estudios de incertidumbre.

- Compartir una base de datos bien documentada para la evaluación.

- Compartir experiencias en cuanto a análisis de seguridad en plantas incluyendo plantas en operación y reactores avanzados de agua ligera, en los ámbitos de transitorios, secuencias dominantes en cuanto a riesgo, secuencias completas de accidente severo, gestión de accidentes y estudios relativos a procedimientos de operación.

- Mantener y mejorar la documentación sobre orientaciones de usuario y aplicabilidad de códigos y modelos.

- Permitir disponer de las nuevas versiones de los códigos RELAP5 y TRACE. Permitir un sólido intercambio con la comunidad de usuarios internacional.

Como objetivos propios del proyecto nacional que se propone, cabría decir:

5. Comunicación y aprovechamiento de la información obtenida de estos proyectos por los grupos expertos en TH nacionales.

6. Establecimiento y ejecución de un plan conjunto que optimice los recursos españoles para conseguir el mantenimiento y mejora de las capacidades de análisis de accidentes ya existentes.

7. Realización de cálculos pre-test y post-test de validación en aspectos fenomenológicos no suficientemente contrastados de las versiones actuales de los códigos disponibles en la comunidad termohidráulica española (fundamentalmente los códigos CAMP TRACE y RELAP5).

8. Aplicación a un caso de planta de cada una de las configuraciones experimentales consideradas en los programas PKL, ATLAS y RBHT junto con el Benchmark de la instalación ACME, y análisis del impacto en la seguridad, operación o disponibilidad de la planta. También se harán con RELAP5 y TRACE; el comité de

dirección evaluará la posibilidad de realizar análisis de detalle con otros códigos en función de los resultados obtenidos y necesidades de capacidades de simulación que se susciten.

9. Mantenimiento de la capacidad y grupos de expertos nacionales para el análisis de accidentes en su vertiente termohidráulica de las centrales nucleares españolas, accediendo a resultados de programas experimentales, y de resultados de los códigos actualmente en uso.

10. Realización de contribuciones en especie comprometidas en el programa CAMP.

9.2 Enumeración y descripción de las actividades del proyecto: En este apartado se describen las actividades y plan de trabajo previsto inicialmente para cada sub-proyecto. No obstante, en función de la evolución del propio proyecto y de posibles condicionantes, que al día de hoy no se pueden anticipar, o de la evolución de los proyectos internacionales asociados, el comité de dirección del proyecto podrá reorientar las referidas líneas de trabajo.

Para cada análisis de los experimentos, se prevé desarrollar las siguientes tareas:

- [1] Conocimiento de la instalación. Preparación y ajuste de su modelo básico.
- [2] Apoyo a las decisiones relativas a la matriz de experimentos y realización de cálculos pre-test. Éstos se harán con los códigos TRACE (preferiblemente) y/o RELAP5
- [3] Seguimiento del experimento, asimilación de datos y realización del cálculo post-test. Estos cálculos se harán con los códigos TRACE (preferiblemente) y/o RELAP5. En esta actividad cabe también la comparación de resultados de ambos.
- [4] Estudio de escenarios equivalentes en una instalación comercial. Éstos se harán con los códigos TRACE (preferiblemente) y/o RELAP5.
- [5] Elaboración del informe técnico de cierre.
- [6] Elaboración del informe de contribución en especie a CAMP con calidad NUREG/IA.

Las actividades encomendadas a cada grupo de trabajo serán las siguientes:

- 1) Sub-proyecto 1, UPV-GV.
 - Análisis de experimentos de la serie B3 (IBLOCA) de ATLAS fase 2. Roturas en surgelino de presionador y en la DVI.
 - Análisis de la serie B5 de ATLAS fase 2. «Counterpart» con LSTF SB-PV-07 (1% SBLOCA en cabeza de vasija). Análisis post-test.
 - Código acoplado TRACE/COBRA-TF.
 - Comparación de modelos termohidráulicos de TRACE y RELAP5.
- 2) Sub-proyecto 2, UPV-SM.
 - Análisis de la serie I4 de PKL fase 4, relativa a verificación de procedimientos de enfriamiento en condiciones de accidentes de extensión de bases de diseño.
 - Análisis de la serie B2 de ATLAS fase 2, relativa a inyecciones pasivas del núcleo (por ejemplo, con un sistema híbrido de acumuladores o con el sistema pasivo de ECCS).
 - Análisis de accidentes en piscinas de combustible con aplicación al estudio de incertidumbres y sensibilidad.
- 3) Sub-proyecto 3, UPV-AE.
 - Participación en el análisis de experimentos de la serie PKL fase 4 a determinar.
 - Análisis del Test B5.1 de ATLAS fase 2, contraparte del test LSTF SB-PV-07.
 - Validación y verificación de la herramienta de análisis cuantitativo POSTANCSN de resultados de TRACE: Post procesador de análisis de resultados del código TRACE.

4) Sub-proyecto 4, UPC.

- Realización de un modelo de «small modular reactor» (SMR), en concreto del diseño americano NuScale con RELAP5 y/o TRACE.
- Evaluación de las capacidades de RELAP5 y/o TRACE para la simulación de sistemas de seguridad pasivos.
- Participación en el ISP (International Standard Problem) de ACME (Advanced Core-cooling Mechanism Experiment).
- Participación en el proyecto NEA/OCDE RBHT.

5) Sub-proyecto 5, UPM.

- Análisis de la serie I4 de PKL fase 4, relativa a enfriamiento en condiciones de circulación natural asimétrica (por ejemplo, con GG.VV. aislados), en accidentes DBA o BDBA.
- Participación en el ISP (International Standard Problem) de ACME (Advanced Core-cooling Mechanism Experiment).
- Actividades con FAST (FRAPCON-FRAPTRAN) acoplado a TRACE mediante SNAP. Aplicación al análisis de combustible ATF.

9.3 Equipo de trabajo del CSN: Para las tareas de colaboración, supervisión y coordinación técnica de este proyecto de I+D el CSN designa a:

- Miguel Sánchez Perea (MSP), Jefe de Área de Modelación y Simulación (MOSI) de la Subdirección de Tecnología Nuclear (STN),
- Julio Pérez Sanz (JPS), Técnico del Área de Ingeniería del Núcleo (INNU) de la Subdirección de Ingeniería Nuclear (SIN),

como expertos conocedores de las aplicaciones de esta línea de investigación de I+D a la función reguladora.

En principio, los recursos para esta coordinación se han estimado en:

- 100 horas/año de dedicación en el caso de MSP, y
- 50 horas/año de dedicación en el caso de JPS,

tratándose de horas de producción científica, por lo que se cuantifican como aportación del personal del CSN al Convenio en la Memoria Económica.

9.4 Organización del proyecto: El proyecto se ejecutará de manera coordinada entre los 5 grupos universitarios descritos anteriormente y el CSN, para cubrir los objetivos generales y específicos. El grupo UPV-GV actuará como coordinador principal.

Otros mecanismos de coordinación previstos para la eficaz ejecución del proyecto son como en otras ocasiones:

1) Un comité de dirección que estará formado por dos representantes del CSN, y uno de cada grupo participante. Dicho Comité de Dirección tendrá las siguientes funciones:

- a. Aprobará el plan de trabajo de detalle elaborado por el Coordinador de Proyecto (UPV-GV).
- b. Propondrá y aprobará las posibles modificaciones de las tareas de un grupo. Estas modificaciones podrán venir determinadas a su vez por modificaciones en el plan de trabajo de los proyectos internacionales.
- c. Aprobará los informes de cada una de las actividades realizadas, previa a la asignación económica correspondiente.
- d. Aprobar el informe final del proyecto, propuesto por el Coordinador del Proyecto.

2) Una estrecha colaboración de los especialistas del Consejo de Seguridad Nuclear con los grupos participantes, así como con los *Operating Agents* de los proyectos PKL, ATLAS y RBHT.

3) La realización de las jornadas técnicas del proyecto nacional, al menos una al año. Así mismo, se prevé la asistencia a las jornadas internacionales del proyecto CAMP y a los workshop de actividades analíticas de los programas experimentales PKL, ATLAS y RBHT.

4) Reconducir el plan de trabajo del proyecto en función de la evolución y prioridades que se puedan establecer en los proyectos internacionales asociados (PKL, ATLAS, RBHT). En caso de que el CSN y el Comité de Coordinación de CAMP-España lo consideraran conveniente, se podrían ampliar o modificar ligeramente el alcance técnico de la propuesta para incluir actividades, bien en las nuevas fases de PKL y ATLAS previstas, bien en otras series experimentales en PKL, ATLAS y/o RBHT, bien otros estudios y análisis genéricos de interés.

9.5 Resultados esperados y beneficios para el CSN, LA UPV, LA UPC y LA UPM: De manera general el proyecto facilita una mejor comprensión de los procesos termohidráulicos complejos que intervienen en distintos escenarios de accidente y temáticas de interés en la actualidad (extensión del diseño, LOCA de transición), así como al planteamiento y evaluación de las correspondientes medidas mitigadoras, y contribuye a la validación y el desarrollo de los códigos de simulación termohidráulica.

De manera más pormenorizada, como resultado de la ejecución del proyecto de viabilidad se obtendrían los siguientes productos y beneficios para el CSN y universidades participantes:

1. Conocimiento detallado de los resultados experimentales de los programas experimentales en las instalaciones PKL, ATLAS y RBHT. Los experimentos a ejecutar pretenden aportar nuevos conocimientos en los temas que más preocupan en la actualidad, tales como extensión del diseño, LOCA de transición, accidentes en parada, fenómenos físicos de reflujo de condensado, dilución de boro y restablecimiento de la circulación natural ante diversos supuestos, transferencia de calor en presencia de incondensables, estudio de transferencia de calor con SG secos, transitorios de enfriamiento rápido, precipitación de boro, etc. El CSN tiene vocación de que este conocimiento sea transferido y asimilado por las organizaciones españolas.

2. Conocimiento detallado de los resultados analíticos de simulación de los experimentos y de los fenómenos asociados. Esto es, los resultados de los trabajos de simulación vinculados, tanto en lo que ha supuesto de experiencia obtenida por los participantes españoles por medio de la comparación de la simulación de esta fenomenología con los códigos termohidráulicos (RELAP y TRACE) con los resultados experimentales de PKL, ATLAS y RBHT, como la participación en las discusiones y seminarios internacionales, sin olvidar la aportación específica de aplicaciones a modelos de centrales nucleares españolas.

3. Conocimiento de las implicaciones de los escenarios objeto de los experimentos en la evaluación de la seguridad y/o en la fiabilidad de la operación de las centrales nucleares españolas. Ello obliga a entre otras cosas, a:

a. Revisar la documentación y bibliografía soporte existente sobre posibles escenarios equivalentes relevantes para las centrales nucleares españolas.

b. Simular los escenarios identificados para alguna central nuclear española representativa.

4. Mejora en las capacidades, experiencia de uso y resultados de los modelos de simulación de las centrales nucleares españolas, mediante la simulación de situaciones análogas en las que aparezcan total o parcialmente los fenómenos observados en cada experimento realizado en PKL, ATLAS y RBHT. Se plantea el uso prioritario de los modelos de planta para TRACE puestos a punto en proyectos anteriores.

5. Se facilita también la mejora en la capacidad de utilización de los códigos de cálculo en su capacidad predictiva (pre-test, análisis ciegos) y de análisis (post-test, benchmark).

6. Documentación adecuada mediante informes técnicos de los resultados experimentales y de los cálculos de simulación efectuados. Todo ello se plasmará para cada uno de los experimentos planteados, en informes técnicos de descripción de los experimentos, y de numerosos análisis pre-test y post-test. Se plantea el uso prioritario de los modelos de planta para TRACE puestos a punto en proyectos anteriores.

7. Realización de contribuciones en especie comprometidas en el programa CAMP. Todas las tareas analíticas realizadas con los propósitos anteriores se han ejecutado y documentado con el nivel de detalle y calidad requerido por la USNRC en el NUREG-1271 para su presentación como compromiso en especie al CAMP y eventual publicación como informe NUREG/IA.

8. Apoyo y mantenimiento de grupos de expertos nacionales en experimentación termohidráulica y en aplicación y verificación de códigos de simulación termohidráulica.

9. Participación en Workshops de actividades analíticas organizados por los PRG y MB de los proyectos internacionales PKL4, ATLAS2 y RBHT, así como en las reuniones de especialistas del proyecto CAMP.

Desde el punto de vista de las organizaciones participantes también se valoran los beneficios científico-técnicos esperables del proyecto, incluyendo dos grandes grupos: 1) avance del conocimiento y mejora de herramientas, 2) generación y difusión de resultados.

En cuanto a la componente formativa y de capacitación de personal y su transferencia al Sector, cabe destacar que dentro de cada grupo de trabajo vienen participando no menos de dos ingenieros o licenciados en formación pre-doctoral a lo largo de las pasadas ediciones de CAMP. Fruto de dicha participación, se han elaborado numerosas tesis doctorales, y ha habido una transferencia de personal cualificado a instituciones universitarias, organismo regulador y empresas del Sector, tales como ANAV, Westinghouse, Nortuen, Idom, Tecnatom, CNAT y CNC.

En relación al plan de difusión de resultados del proyecto, se prevé asistir varias veces durante la vigencia del proyecto a:

- Varios congresos de carácter internacional.
- Las reuniones anuales de la Sociedad Nuclear Española.
- Las jornadas internacionales del proyecto CAMP y
- Los workshop de actividades analíticas de los programas experimentales PKL y ATLAS.

En este sentido, cabe destacar las contribuciones a revistas y congresos nacionales e internacionales fruto del trabajo desarrollado en el proyecto coordinado precedente CAMP (ver sección 8 de referencias).

Finalmente conviene destacar que todas las tareas analíticas realizadas en el proyecto se ejecutarán y documentarán con el nivel de detalle y calidad requerido por la USNRC (NUREG-1271) para su presentación como compromiso en especie al CAMP y eventual publicación como informe NUREG/IA, tal como los que se vienen produciendo.

10. Fechas de inicio y terminación de las actividades

Se ha considerado una duración de cuatro años para el proyecto, siendo la fecha de inicio cuando se publique en el BOE.

11. Referencias

- [1] Informe Final del Proyecto «Mejora y mantenimiento de códigos termohidráulicos de sistema en base a resultados de los experimentos OCDE/PKL2 y OCDE/ROSA2. Aplicación a plantas españolas». (Proyecto CAMP-España).
- [2] NUREG/IA-0244, S. Gallardo, V. Abella, G. Verdú; «Assessment of TRACE 5.0 against ROSA test 6-2, Vessel Lower Plenum SBLOCA»; 2011.
- [3] NUREG/IA-0245, S. Gallardo, V. Abella, G. Verdú; «Assessment of TRACE 5.0 against ROSA test 6-1, Vessel Upper Head SBLOCA»; 2011.
- [4] NUREG/IA-0412, S. Gallardo, V. Abella, G. Verdú, A. Querol; «Assessment of TRACE 5.0 against ROSA test 3-2, High Power Natural Circulation»; 2013.
- [5] NUREG/IA-0413, S. Gallardo, V. Abella, G. Verdú, A. Querol; «Assessment of TRACE 5.0 against ROSA test 3-1, Cold Leg SBLOCA»; 2013.
- [6] NUREG/IA-0420, J.L. Muñoz-Cobo, A. Romero, S. Chiva, «Analysis with TRACE Code of Rosa Test 1.2: Small LOCA in the Hot-Leg with HPI and Accumulator Actuation», 2013.
- [7] NUREG/IA-0419, A. Julbe, J.L. Muñoz-Cobo, A. Escrivá, A. Romero, «Analysis with TRACE Code of ROSA Test 1.1: ECCS Water Injection Under Natural Circulation Condition», 2012.
- [8] NUREG/IA-0422, J.L. Muñoz-Cobo, S. Chiva, A. Escrivá, «Analysis with TRACE Code of PKL-III Test F 1.2»; 2013.
- [9] NUREG/IA-0411, S. Carlos, J.F. Villanueva, S. Martorell, V. Serradell; «Simulation of the experimental series F2.2 at PKL facility using RELAP5/Mod3.3»; 2012
- [10] NUREG/IA-0250, S. Carlos, J.F. Villanueva, S. Martorell, V. Serradell; «Simulation of the F2.1 Experiment at PKL Facility using RELAP5/MOD3»; 2011.
- [11] NUREG/IA-0256, C. Queral, A. Concejal, A. Expósito, e. I. González, «Simulation of PKL loss of RHRS experiment E3.1 with RELAP5 and TRACE codes. Application to a PWR-W plant mode»; 2011.
- [12] NUREG/IA-0257, C. Queral, A. Concejal, A. Expósito, «Simulation of PKL loss of RHRS experiment F2.2 with RELAP5 and TRACE codes. Application to a PWR-W plant mode»; 2011.
- [13] NUREG/IA-0426, C. Queral, J. Gonzalez-Cadelo, G. Jimenez, E. Villalba, J. Perez «Simulation of LSTF Upper Head Break (OECD/NEA ROSA test 6.1) with TRACE code. Application to a PWR NPP model»; 2013.
- [14] NUREG/IA-0410, Martínez, V; Reventós, F.; Pretel, C.; «Post-Test Calculation of the ROSA/LSTF Test 3-2 using RELAP5/mod3.3»; 2012.
- [15] NUREG/IA-0409, Martínez, V; Reventós, F.; Pretel, C.; «Post-Test Calculation of the ROSA/LSTF Test 3-1 using RELAP5/mod3.3»; 2012
- [16] NUREG/IA-0417, Freixa J., Pretel C., Batet Ll., Reventós F.; «Post-Test Thermal-Hydraulic analysis of Tests F1.1 and F1.2»; 2014.
- [17] NUREG/IA-0233, C. Queral, A. Expósito, G. Jiménez, L. Valle and J.C. Martínez-Murillo; «Assessment of TRACE 4.160 and 5.0 against RCP Trip Transient in Almaraz I Nuclear Power Plant»; 2010.
- [18] NUREG/IA-0255, J. C. Martínez-Murillo, M. Novo, R. Miró, T. Barrachina, and G. Verdú; «Coupled RELAP/PARCS Full Plant Model – Assessment of a Cooling Transient in Trillo Nuclear Power Plant»; 2011.
- [19] NUREG/IA-0240, R. Pericas, L. Batet, and F. Reventós; «Sensitivity Analyses of a Hypothetical 6 Inch Break, LOCA in Ascó NPP using RELAP/MOD3.2»; 2010.
- [20] NUREG/IA-0243, O. Lozano, C-P. Chiang, C. Llopis, L. Batet, F. Reventós; «Development of a Vandellòs II NPP Model using the TRACE Code: Application to an Actual Transient of Main Coolant Pumps Trip and Start-up». 2011.
- [21] NUREG/IA-0226, P. Corcuera, E. Rodríguez, G. Villescas; «Assessment of the Turbine Trip Transient in Santa María de Garoña Nuclear Power Plant with TRACE version 4.16»; 2010.

- [22] NUREG/IA-0253, Roberto Herrero Santos, José María Izquierdo Rocha; «Development of a Computer Tool for In-Depth Analysis and Post Processing of the RELAP5 Thermal Hydraulic Code», 2011.
- [23] NUREG/IA-0503, S. Gallardo, A. Querol, M. Lorduy and G. Verdú; «Post-Test Analysis of ROSA-2 Test 2 (IBLOCA) with TRACE», 2019.
- [24] NUREG/IA-0504, S. Gallardo, A. Querol, M. Lorduy and G. Verdú; «Assessment of TRACE 5.0 Against ROSA-2 Test 3 Counterpart Test to PKL», 2019.
- [25] NUREG/IA-0505, S. Gallardo, A. Querol, M. Lorduy and G. Verdú; «Assessment of TRACE 5.0 Against ROSA-2 Test 5, Main Steam Line Break with Steam Generator Tube Rupture», 2019.
- [26] NUREG/IA-0511, S. Gallardo, A. Querol, M. Lorduy and G. Verdú; «Simulation of ROSA-2 Test-2 Experiment: Application to Nuclear Power Plant», 2019.
- [27] NUREG/IA-0512, S. Gallardo, A. Querol, M. Lorduy and G. Verdú; «Simulation of ROSA-2 Test 3 Counterpart with TRACE5 - Application to Nuclear Power Plant», 2019.
- [28] NUREG/IA-0504, F. Sánchez, S. Carlos, J.F. Villanueva, S. Martorell; «Assessment of TRACE 5.0 Against ROSA-2 Test 3 Counterpart Test to PKL», 2019.
- [29] NUREG/IA-0488, S. Carlos, J.F. Villanueva, F. Sánchez, S. Martorell; «Simulation of the LSTF-PKL Counterpart G7.1 test at PKL facility to a Nuclear Power Plant using TRACE 5», 2019.
- [30] NUREG/IA-0486, S. Carlos, J.F. Villanueva, F. Sánchez, S. Martorell; «Simulation of the G3.1 experiment at PKL facility using RELAP5/Mod3.3», 2018.
- [31] NUREG/IA-0487, F. Sánchez, S. Carlos, J.F. Villanueva, S. Martorell; «Simulation of the PKL-G7.1 Experiment in a Westinghouse Nuclear Power Plant Using RELAP5/Mod3.3», 2019.
- [32] NUREG/IA-0488, F. Sánchez, S. Carlos, J. F. Villanueva, and S. Martorell; «Simulation of the LSTF-PKL Counterpart G7.1 test at PKL facility using TRACE 5», 2019.
- [33] NUREG/IA-0409, Martínez, V.; Reventós, F.; «Post-Test Calculation of the ROSA/LSTF Test 3 using RELAP5/mod3.3»; 2012.
- [34] NUREG/IA-0497, Pérez, M.; Martínez, V.; Reventós, F.; «IBLOCA analysis for Vandellòs-II NPP. Sensitivity calculations to EOP actions», 2019.
- [35] NUREG/IA-0498, Freixa, J.; Martínez, V.; Reventós, F.; «Core Exit Temperature Response during an SBLOCA Event in the Ascó NPP», 2018.
- [36] NUREG/CR-6976, 2010, E.R. Rosal, T.F. Lin, I.S. McClellan, R.C. Brewer, Rod Bundle «Heat Transfer (RBHT) Facility Description Report», 2010.
- [37] NEA No. 7317, State-of-the-Art Report on Light Water Reactor Accident-Tolerant Fuels, Nuclear Science, OECD 2018
- [38] Maolong Liu.; Nicholas R. Brown.; Kurt A. Terrani.; Amir F. Ali.; Edward D. Blandford.; Daniel M. Wachs.; «Potential impact of accident tolerant fuel cladding critical heat flux characteristics on the high temperature phase of reactivity initiated accidents», Annals of Nuclear Energy, 2017.
- [39] L-Y. Cheng.; A. Cuadra.; N. Brown.; «PWR Plant Model to Assess Performance of Accident Tolerant Fuel in Anticipated Transients and Accidents», BNL-107113-2015-CP, 2014.
- [40] Bowen Qiu.; Yingwei Wu.; Yangbin Deng.; Yanan He.; Tong Liu.; G.H. Su.; Wenxi Tian.; «A comparative study on preliminary performance evaluation of ATFs under normal and accident conditions with FRAP-ATF code», Progress in Nuclear Energy, 2017.
- [41] Sánchez M., Status Report of CAMP Activities in Spain, Spring 2019 CAMP meeting; Valencia (Spain) May 29-31, 2019.

ANEXO 2

Memoria Económica del Convenio de Colaboración entre el Consejo de Seguridad Nuclear (CSN), la Universitat Politècnica de València (UPV), la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) y la Universidad Politécnica de Madrid (UPM), para la ejecución de Proyecto de I+D sobre «Participación en los proyectos de mantenimiento de códigos de NRC (CAMP) y programas experimentales termohidráulicos de NEA/OECD (PKL, ATLAS y RBHT), y su aplicación a plantas españolas (CAMP-ESPAÑA)»

1. Instalaciones y equipamiento para la realización del proyecto

A continuación, se describen las instalaciones y equipos de cada grupo.

1.1 Grupo Departamento de Energía y Combustibles de la UPM (CQ):

El área de Seguridad Nuclear del Departamento de Energía y Combustibles de la Universidad Politécnica de Madrid cuenta con los medios necesarios para la realización de los trabajos incluidos en el Convenio.

En la parte de software, cuenta con:

- Licencias de TRACE5 patch5.

En lo correspondiente al hardware, cuenta con:

- Dos servidores de cálculo de 32 y 40 *cores* y 64 Gb de RAM.

El uso de estos equipos e instalaciones, será sufragado con los gastos generales del Convenio.

1.2 Grupo MEDASEGI del Departamento Ingeniería Química y Nuclear UPV (SM):

El grupo MEDASEGI del Departamento de Ingeniería Química y Nuclear de la Universitat Politècnica de València cuenta con los medios necesarios para la realización de los trabajos incluidos en el Convenio.

En la parte de software, cuenta con:

- Licencias de TRACE5 patch5.

En lo correspondiente al hardware, cuenta con:

– Intel Xeon E5-2420 1.9GHz (2 cpu (15 MB cache) – 12 *cores* – 24 *Threads*). 48 GB (DDR3 1333MHz) (Max. RAM 384 GB).

– CPU: Intel Xeon E5 -2660v3 2.60GHz (2 CPU (25 MB cache) – 20 *cores* – 40 *Threads*). 64 GB (DDR4 2133MHz) (Max. RAM 768 GB).

El uso de estos equipos e instalaciones será sufragado con los gastos generales del Convenio.

1.3 Grupo SENUBIO del Instituto Universitario de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental de la UPV (GV):

El grupo SENUBIO del Instituto Universitario de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental de la Universitat Politècnica de València cuenta con los medios necesarios para la realización de los trabajos incluidos en el Convenio.

En la parte de software, cuenta con:

- Licencias de TRACE5 patch5.

En lo correspondiente al hardware, cuenta con:

- *High performance Cluster Bellatrix (12 cores)*: 6 nodos AMD opteron con 2 cores (2GB RAM cada uno).
- *High performance Cluster Helix (16 cores)*: 4 nodos intel con 4 cores (8 GB RAM cada uno).
- *High performance Cluster Quasar (122 cores)*: 4 nodos AMD (3x32 y 1x24 cores) con 96GB de RAM cada uno. 33 TB de almacenamiento.

El uso de estos equipos e instalaciones será sufragado con los gastos generales del Convenio.

1.4 Grupo TIN del Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética de la UPV (AE):

El grupo TIN del Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética de la Universitat Politècnica de València cuenta con los medios necesarios para la realización de los trabajos incluidos en el Convenio.

En la parte de software, cuenta con:

- Licencia de TRACE5 patch5.
- Licencia de ANSYS CFX.

En lo correspondiente al hardware, cuenta con:

- *Workstation* – Intel® Xeon® Gold 6130 CPU @ 2.10GHz, 2095 MHz, 16 procesadores; 64 GB Memoria RAM; 8 TB Memoria HDD.
- *Workstation 2*; Intel® Xeon® E5645 CPU @ 2.40GHz, 12 procesadores; 48 GB Memoria RAM; 4 TB Memoria HDD.
- Ordenador de apoyo a *Workstation* - Intel® Core® i7-5960X CPU @ 3.00GHz, 8 núcleos físicos, 16 hilos (turbo 3.5GHz), 16 GB Memoria RAM, 14 TB Memoria HDD.

El uso de estos equipos e instalaciones será sufragado con los gastos generales del Convenio.

1.5 Grupo «Advanced Nuclear Technologies» (ANT) del Departamento de Física de la Universitat Politècnica de Catalunya (CP):

El grupo ANT del Departamento de Física de la Universitat Politècnica de Catalunya cuenta con los medios necesarios para la realización de los trabajos incluidos en el Convenio.

En la parte de software, cuenta con:

- Licencias de TRACE5 patch5 y RELAP5 patch4.

En lo correspondiente al hardware, cuenta con:

- 4 ordenadores con las siguientes características: Intel Core i7-8700 (6 cores) CPU@3.200GHz, 32GB RAM.

El uso de estos equipos e instalaciones será sufragado con los gastos generales del Convenio.

2. Presupuesto

El coste total del Convenio se ha calculado sobre la base de los costes que se detallan a continuación. Todas las cantidades incluyen todos los impuestos aplicables.

1) Costes de personal: Se ha considerado una necesidad de recursos humanos por cada grupo de 1 persona/año contratada, junto con una persona que se encargue de la dirección del proyecto y otras personas dando apoyo técnico, así como un alcance temporal de 4 años.

Los costes de personal de los encargados de la dirección del proyecto, y de las personas dando apoyo técnico, son aportados por cada universidad.

Dividiendo el coste de cada profesor por el número de horas totales trabajadas, se llega al coste por hora de trabajo.

Las personas contratadas involucradas en el proyecto tendrán un contrato de investigador contratado a tiempo completo durante los cuatro años que dure el proyecto.

El coste del personal a contratar asciende a 92.000,00 €, según se indica a continuación:

1 titulado superior x 4 años x 23.000,00 €/año = 92.000,00 €.

Aportación CSN: La cantidad correspondiente a las contrataciones de personal será aportada por el CSN. Además, el CSN contribuirá de forma no dineraria con aportación de dos expertos.

Aportación Universidad: Además del personal que es contratado con cargo a los fondos aportados por el CSN, se cuenta con el personal del equipo del proyecto a tiempo parcial. El coste por hora de este personal del equipo investigador del proyecto, perteneciente a la plantilla de cada universidad, es variable, dependiendo del salario que tiene cada uno de ellos. Esta información ha sido aportada por cada una de las universidades.

Las horas de dedicación aportadas al proyecto por el personal de plantilla de cada universidad son exclusivas y no compartidas con otros proyectos de investigación.

El coste horario y las horas de dedicación al proyecto aportadas por las entidades investigadoras se consideran de carácter estimatorio, pudiéndose variar sus cuantías durante la ejecución de las anualidades del Convenio, siempre y cuando estas variaciones no supongan un incremento del coste total imputable (coste de personal, de viajes y dietas e indirectos) previsto, ni se altere el objetivo del proyecto.

2) Costes de material: Los costes de material asociados a los recursos informáticos, de espacio físico y gastos corrientes son calculados por cada grupo a través del cobro de un canon en un porcentaje sobre el proyecto o a través del cálculo de costes indirectos que corresponde al cobro de un porcentaje de los costes directos. Esta cantidad será aportada con los fondos del CSN.

3) Costes de viajes y dietas: Se establecen los siguientes viajes:

a) Viajes del director y/o miembros del equipo para asistir a las reuniones del proyecto CAMP: se estiman dos reuniones por año.

b) Viajes a congresos: habrá participación en al menos un congreso internacional al año.

Estas cantidades serán con cargo a los fondos aportados por el CSN.

Durante la ejecución del Convenio podrá haber variaciones entre los importes de las partidas de personal y de viajes y dietas presupuestadas, siempre que no suponga un incremento del coste total imputable (coste de personal, de viajes y dietas e indirectos), ni suponga un menoscabo de las horas destinadas a trabajo científico.

2.1 Costes a ejecutar por las universidades participantes: A continuación, se desglosan los distintos conceptos.

2.1.1 Grupo Departamento de Energía y Combustibles de la UPM (CQ).

2.1.1.1 Coste de Personal: El coste correspondiente a esta partida, referido al grupo UPM, asciende a 184.502,60 euros.

La cantidad correspondiente a la aportación de la UPM se valora por el cómputo de las horas trabajadas por el Profesor Titular Coordinador Técnico del grupo UPM (305 horas anuales), junto con los demás miembros del equipo investigador según se desglosa en la tabla siguiente. La UPM aportará por ello 92.502,60 euros.

La aportación económica del CSN engloba el trabajo realizado por un investigador contratado a tiempo completo (1575 horas anuales). El total de este concepto asciende a 92.000,00 euros.

1. costes de personal (grupo UPM)

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPM (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Profesor Titular Universitario (TU).	33,33	305	4	40.662,60	0	40.662,60	0,00
Profesor Titular Universitario (TU).	38,43	250	4	38.430,00	0	38.430,00	0,00
Contratado Doctor (CD).	35,04	50	4	7.008,00	0	7.008,00	0,00
Profesor Titular Universitario (TU).	32,01	50	4	6.402,00	0	6.402,00	0,00
Personal contratado.		1.575	4	92.000,00	92.000,00	0,00	100,00
Total.				184.502,60	92.000,00	92.502,60	49,86

(1) Costes de personal aportados por la UPM, para personas que van a participar en el proyecto, siendo TU (Profesor Titular de Universidad) y CD (Contratado Doctor).

2.1.1.2 Costes asociados a asistencia a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación.

Se estima un coste anual de 1.000 euros por asistencia a reuniones de coordinación, y otros 2.000,00 euros en concepto de costes de asistencia e inscripción a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación de interés para el CSN. Estos costes serán abonados por el CSN.

2. Costes de viajes y dietas (grupo UPM)

Concepto	Número de reuniones al año	Coste por viaje (euros)	Años	Coste imputable al proyecto	Aportación del CSN	Aportación de la UPM	Porcentaje de la aportación CSN
Asistencia a las reuniones nacionales e internacionales del proyecto.	2	1.000,00	4	4.000,00	4.000,00	0,00	100
Asistencia a congresos.	1	2.000,00	4	8.000,00	8.000,00	0,00	100
Total.				12.000,00	12.000,00	0,00	100

2.1.1.3 Costes indirectos y administrativos UPM: Los costes indirectos relativos a gastos generales imputables al proyecto se estiman en 4.588,24 euros anuales, que corresponden al 15% sobre el total de la aportación monetaria anual del CSN, la cual asciende a 122.352,94 = 104.000,00/0,85 euros para el grupo de la UPM durante los 4 años de duración del proyecto también a abonar por el CSN.

Por parte de la UPM, se presentará el importe correspondiente incluido en el certificado de gastos sin necesidad de aportar documentación adicional.

3. Gastos de material y gastos generales (grupo UPM)

Concepto	Coste año (euros)	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPM (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Canon UPM 15%	4.588,24	4	18.352,96	18.352,96	0,00	100
Total.			18.352,96	18.352,96	0,00	100

Los costes de material asociados a los recursos informáticos, de espacio físico y gastos corrientes son aportados por la UPM a través del cobro del canon del 15% sobre el proyecto.

2.1.2 Grupo MEDASEGI del Departamento Ingeniería Química y Nuclear UPV (SM).

2.1.2.1 Coste de Personal: El coste correspondiente a esta partida, que es la más importante, asciende referido al grupo MEDASEGI a 184.488,00 euros.

La cantidad correspondiente a la aportación de la UPV se valora por el cómputo de las horas trabajadas por el catedrático Coordinador Técnico del grupo MEDASEGI (40 horas anuales), junto con los demás miembros del equipo investigador según se desglosa en la tabla siguiente. La UPV aportará por ello 92.488,00 euros.

La aportación monetaria del CSN engloba el trabajo realizado por un investigador contratado a tiempo completo (1650 horas anuales). El total de este concepto asciende a 92.000,00 euros.

1. Costes de personal (grupo MEDASEGI - UPV)

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Catedrático de Universidad (CU)	52,30	40	4	8.368,00	0,00	8.368,00	0,00
Catedrático de Universidad (CU)	52,30	150	4	31.380,00	0,00	31.380,00	0,00
Catedrático de Universidad (CU)	52,30	150	4	31.380,00	0,00	31.380,00	0,00
Ayudante Doctor (AD)	26,70	200	4	21.360,00	0,00	21.360,00	0,00
Contratado		1.650	4	92.000	92.000	0,00	100,00
Total.				184.488,00	92.000,00	92.488,00	49,87

(1) Costes de personal aportados por la UPV, para CU (Catedrático de Universidad) y AD (Ayudante Doctor).

2.1.2.2 Costes asociados a asistencia a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación: Se estima un coste anual de 1.000 euros por asistencia a reuniones de coordinación, y otros 2.000,00 euros en concepto de costes de asistencia e inscripción a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación de interés para el CSN. Estos costes serán abonados por el CSN.

2. Costes de viajes y dietas (grupo MEDASEGI – UPV)

Concepto	Número de reuniones al año	Coste anual por viaje (euros)	Años	Coste imputable al proyecto	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV	Porcentaje de la aportación CSN
Asistencia a las reuniones nacionales e internacionales del proyecto.	2	1.000,00	4	4.000,00	4.000,00	0,00	100
Asistencia a congresos.	1	2.000,00	4	8.000,00	8.000,00	0,00	100
Total.				12.000,00	12.000,00	0,00	100

2.1.2.3 Costes indirectos y administrativos UPV: Los costes indirectos relativos a gastos generales imputables al proyecto se estiman en 5.200,00 euros anuales, que corresponden al 20 % de la aportación monetaria anual de costes directos que hace el CSN al grupo, la cual asciende a 104.000,00 euros (12.000,00 euros de Viajes y Dietas sumado a 92.000,00 euros del Contrato predoctoral) para el grupo MEDASEGI de la UPV durante los 4 años de duración del proyecto también a abonar por el CSN.

Por parte de la UPV, se presentará el importe correspondiente incluido en el certificado de gastos sin necesidad de aportar documentación adicional.

3. Costes indirectos (grupo MEDASEGI – UPV)

Concepto	Coste año (euros)	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Costes indirectos UPV 20 %	5.200,00	4	20.800,00	20.800,00	0	100
Total.			20.800,00	20.800,00	0	100

2.1.3 Grupo SENUBIO del Instituto Universitario de Seguridad Industrial, Radiofísica y Medioambiental (ISIRYM) UPV (GV).

2.1.3.1 Coste de Personal: El coste correspondiente a esta partida, que es la más importante, asciende referido al grupo SENUBIO a 185.720,00 euros.

La cantidad correspondiente a la aportación de la UPV se valora por el cómputo de las horas trabajadas por el catedrático Coordinador Técnico del grupo SENUBIO (120 horas anuales), junto con el resto del equipo investigador según se desglosa en la tabla siguiente. La UPV aportará por ello 93.720,00 euros.

La aportación monetaria del CSN engloba el trabajo realizado por un investigador contratado a tiempo completo (1650 horas anuales). El total de este concepto asciende a 92.000,00 euros.

1. Costes de personal (grupo SENUBIO – UPV)

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/ hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Catedrático de Universidad (CU)	52,30	120	4	25.104,00	0,00	25.104,00	0,00
Catedrático de Universidad (CU)	52,30	160	4	33.472,00	0,00	33.472,00	0,00

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/ hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Profesor Titular de Univ. (TU)	38,20	230	4	35.144,00	0,00	35.144,00	0,00
Contratado		1.650	4	92.000,00	92.000,00	0,00	100,00
Total.				185.720,00	92.000,00	93.720,00	49,54

(1) Costes de personal aportados por la UPV, para CU (Catedrático Universidad) y TU (Profesor Titular de Universidad).

2.1.3.2 Costes asociados a asistencia a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación: Se estima un coste anual de 1.000 euros por asistencia a reuniones de coordinación, y otros 2.000,00 euros en concepto de costes de asistencia e inscripción a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación de interés para el CSN. Estos costes serán abonados por el CSN.

2. Costes de viajes y dietas (grupo SENUBIO – UPV)

Concepto	Número de reuniones a año	Coste anual por viaje (euros)	Años	Coste imputable al proyecto	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV	Porcentaje de la aportación CSN
Asistencia a las reuniones nacionales e internacionales del proyecto	2	1.000,00	4	4.000,00	4.000,00	0,00	100
Asistencia a congresos	1	2.000,00	4	8.000,00	8.000,00	0,00	100
Total.				12.000,00	12.000,00	0,00	100

2.1.3.3 Costes indirectos y administrativos UPV: Los costes indirectos relativos a gastos generales imputables al proyecto se estiman en 5.200,00 euros anuales, que corresponden al 20% de la aportación monetaria anual de costes directos que hace el CSN al grupo, la cual asciende a 104.000,00 euros (12.000,00 euros de Viajes y Dietas sumado a 92.000,00 euros del Contrato predoctoral) para el grupo SENUBIO de la UPV durante los 4 años de duración del proyecto también a abonar por el CSN.

Por parte de la UPV, se presentará el importe correspondiente incluido en el certificado de gastos sin necesidad de aportar documentación adicional.

3. Costes indirectos (grupo SENUBIO – UPV)

Concepto	Coste año (euros)	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Costes indirectos UPV 20 %	5.200,00	4	20.800,00	20.800,00	0,00	100
Total.			20.800,00	20.800,00	0,00	100

2.1.4 Grupo TIN del Instituto Universitario de Investigación de Ingeniería Energética de la UPV (AE)

2.1.4.1 Coste de Personal: El coste correspondiente a esta partida, que es la más importante, asciende referida al grupo TIN a 184.320,00 euros.

La cantidad correspondiente a la aportación de la UPV se valora por el cómputo de las horas trabajadas por el catedrático Coordinador Técnico del grupo TIN (350 horas anuales), y de otro miembro del equipo investigador, según se desglosa en la tabla siguiente. La UPV aportará por ello 92.320,00 euros.

La aportación monetaria del CSN engloba el trabajo realizado por un investigador contratado a tiempo completo (1650 horas anuales). El total de este concepto asciende a 92.000,00 euros.

1. Costes de personal (grupo TIN – UPV)

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Catedrático de Universidad (CU).	52,30	350	4	73.220,00	0,00	73.220,00	0,00 %
Profesor Titular de Universidad (TU).	38,20	125	4	19.100,00	0,00	19.100,00	0,00 %
Contratado.		1.650	4	92.000,00	92.000,00	0,00	100,00 %
Total.				184.320,00	92.000,00	92.320,00	49,91%

(1) Costes de personal aportados por la UPV, para CU (Catedrático Universidad) y TU (Titular de Universidad).

2.1.4.2 Costes asociados a asistencia a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación: Se estima un coste anual de 1.000 euros por asistencia a reuniones de coordinación, y otros 2.000,00 euros en concepto de costes de asistencia e inscripción a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación de interés para el CSN. Estos costes serán abonados por el CSN.

2. Costes de viajes y dietas (grupo TIN – UPV)

Concepto	Número de reuniones al año	Coste anual por viaje (euros)	Años	Coste imputable al proyecto	Aportación monetaria del CSN (euros)	Aportación de la UPV	Porcentaje de la aportación CSN
Asistencia a las reuniones nacionales e internacionales del proyecto.	2	1.000,00	4	4.000,00	4.000,00	0,00	100
Asistencia a congresos.	1	2.000,00	4	8.000,00	8.000,00	0,00	100
Total.				12.000,00	12.000,00	0,00	100

2.1.4.3 Costes indirectos y administrativos UPV: Los costes indirectos relativos a gastos generales imputables al proyecto se estiman en 5.200,00 euros anuales, que corresponden al 20% de la aportación monetaria anual de costes directos que hace el CSN al grupo, la cual asciende a 104.000,00 euros (12.000,00 euros de Viajes y Dietas sumado a 92.000,00 euros del Contrato predoctoral) para el grupo TIN de la UPV durante los 4 años de duración del proyecto también a abonar por el CSN.

Por parte de la UPV, se presentará el importe correspondiente incluido en el certificado de gastos sin necesidad de aportar documentación adicional.

3. Costes indirectos (grupo TIN - UPV)

Concepto	Coste año (euros)	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Costes indirectos UPV 20 %	5.200,00	4	20.800,00	20.800,00	0,00	100
Total.			20.800,00	20.800,00	0,00	100

2.1.5 Grupo «Advanced Nuclear Technologies» de la UPC (CP).

2.1.5.1 Coste de Personal: El coste correspondiente a esta partida, que es la más importante, referida al grupo UPC, asciende a 184.066,00 euros.

La cantidad correspondiente a la aportación de la UPC se valora por el cómputo de las horas trabajadas por la investigadora Coordinadora Técnica (150 horas anuales) y otra persona del equipo investigador, según se desglosa en la tabla siguiente. La UPC aportará por ello 92.066,00 euros.

La aportación económica del CSN engloba el trabajo realizado por un investigador contratado pre-doctoral a tiempo completo (1650 horas anuales). El total de este concepto asciende a 92.000,00 euros.

1. Costes de personal (grupo UPC)

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPC (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Coordinación Técnica.	42,27	150	4	25.362,00	0,00	25.362,00	0,00
Investigador experto.	30,32	550	4	66.704,00	0,00	66.704,00	0,00
Contrato predoctoral.		1650	4	92.000,00	92.000,00	0,00	100,00
Total.				184.066,00	92.000,00	92.066,00	50,00

(1) Costes de personal aportados por la UPC.

2.1.5.2 Costes asociados a asistencia a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación: Se estima un coste anual de 1.500,00 euros por asistencia a reuniones de coordinación, y otros 1.500,00 euros en concepto de costes de asistencia e inscripción a cursos, reuniones, congresos y/o actividades de divulgación de interés para el CSN. Estos costes serán abonados por el CSN.

2. Costes de viajes y dietas (grupo UPC)

Concepto	Número de reuniones al año	Coste por viaje (euros)	Años	Coste imputable al proyecto	Aportación del CSN	Aportación de la UPC	Porcentaje de la aportación CSN
Asistencia a las reuniones nacionales e internacionales del proyecto.	2	750,00	4	6.000,00	6.000,00	0,00	100
Asistencia a congresos.	1	1.500,00	4	6.000,00	6.000,00	0,00	100
Total.				12.000,00	12.000,00	0,00	100

2.1.5.3 Costes indirectos y administrativos UPC: Los costes indirectos relativos a gastos generales imputables al proyecto se estiman en 5.592,00 euros anuales, que

corresponden al 17.7 % sobre el total de la aportación monetaria anual del CSN, la cual asciende a 126.366,95= 104.000,00/0,823 euros para el grupo de la UPC durante los 4 años de duración del proyecto también a abonar por el CSN.

Por parte de la UPC, se presentará el importe correspondiente incluido en el certificado de gastos sin necesidad de aportar documentación adicional.

3. Gastos de material y gastos generales (UPC)

Concepto	Coste año (euros)	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	Aportación de la UPC (euros)	Porcentaje de la aportación CSN
Canon UPC 17.7 %	5.592,00	4	22.368,00	22.368,00	0,00	100
Total.			22.368,00	22.368,00	0,00	100

2.1.6 Equipo de Trabajo del CSN: Para las tareas de colaboración, supervisión y coordinación técnica de este proyecto de I+D el CSN designa a dos expertos concedores de las aplicaciones de esta línea de investigación de I+D a la función reguladora.

En principio, los recursos para esta coordinación se han estimado en un total de 150 horas/años, desglosadas según se indica en la tabla siguiente. Se trata de horas de producción científica, por lo que se cuantifican como aportación del personal del CSN al Convenio en la Memoria Económica.

Para los costes por hora en el caso del personal investigador del CSN se ha realizado una estimación del coste por parte de la Subdirección de Personal del CSN.

Personal que participa en el proyecto	Coste horario (euros/hora) (1)	Horas/año dedicación al proyecto	Años	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación del CSN (euros)	% de la aportación CSN
Experto 1.	44,41	100	4	17.764,00	17.7640,00	100
Experto 2.	42,37	50	4	8.474,00	8.474,00	100
Total.				26.238,00	26.238,00	100

2.2 Resumen costes anuales del proyecto.

Resumen de costes totales del proyecto (euros)

Concepto	Coste imputable al proyecto (euros)	Aportación total del CSN (euros)	Aportación de la UPC/ UPM/ UPV (euros)	Porcentaje de la aportación CSN	Porcentaje de la aportación UPC/ UPM/ UPV
Personal.	949.334,60	486.238,00	463.096,60	51,22	48,78 %
Viajes y dietas.	60.000,00	60.000,00	0,00	100,00	0,00 %
Canon UPC/ UPM/ 17.7%/ 15%/ Costes indirectos UPV 20%	103.120,96	103.120,96	0,00	100,00	0,00 %
Total.	1.112.455,56	649.358,96	463.096,60	58,37	41,63 %

Según lo descrito anteriormente se obtiene la siguiente tabla resumen:

	Coste total anual (€)	Aportación anual de institución investigadora (€)	Aportación anual dineraria del CSN (€)	TOTALES PROYECTO (4 años) (€)
UPM	53.713,89	23.125,65 (43,05 %)	30.588,24 (56,95 %)	214.855,56
UPV	163.232,00	69.632,00 (42,66 %)	93.600,00 (57,34 %)	652.928,00
UPC	54.608,50	23.016,50 (42,15 %)	31.592,00 (57,85 %)	218.434,00
CSN	6.559,50 (aportación no dineraria)			26.238,00
Totales	278.113,89	115.774,15	155.780,24 (aportación dineraria)	1.112.455,56

Por tanto, los costes totales del proyecto ascienden a 1.112.455,56 euros, de los cuales la aportación del CSN será de 649.358,96 euros y la de la UPC/ UPM/ UPV de 463.096,60 euros. La aportación del CSN se corresponde con un 58,37% del coste total del proyecto.

3. Distribución de pagos por parte del CSN

3.1 Distribución del presupuesto aportado por el CSN: Los pagos se distribuirán a lo largo de cuatro ejercicios presupuestarios, en la forma que se indica en la siguiente tabla (todas las cantidades reflejadas corresponden a euros):

	Año 1 (€)	Año 2 (€)	Año 3 (€)	Año 4 (€)
Gastos de personal a cargo del proyecto.	115.000,00	115.000,00	115.000,00	115.000,00
Viajes y dietas.	15.000,00	15.000,00	15.000,00	15.000,00
Gastos de material y gastos generales.	25.780,00	25.780,00	25.780,00	25.780,96
Costes totales a aportar por CSN.	155.780,00	155.780,00	155.780,00	155.780,96

El calendario de pagos del Convenio y las cantidades correspondientes son las siguientes para cada grupo:

3.2 Grupo Departamento de Energía y Combustibles de la UPM:

- Un pago de 15.294,00 euros en junio de 2020.
- Un pago de 15.294,00 euros en diciembre de 2020.
- Un pago de 15.294,00 euros en junio de 2021.
- Un pago de 15.294,00 euros en diciembre de 2021.
- Un pago de 15.294,00 euros en junio de 2022.
- Un pago de 15.294,00 euros en diciembre de 2022.
- Un pago de 15.294,48 euros en junio de 2023.
- Un último pago de 15.294,48 euros a la terminación del Convenio.

3.3 Grupos MEDASEGI, SENUBIO y TIN de la UPV:

- Un pago de 46.800,00 euros en junio de 2020 (corresponden 15.600 € a cada grupo).
- Un pago de 46.800,00 euros en diciembre de 2020 (15.600 € para cada grupo).
- Un pago de 46.800,00 euros en junio de 2021 (15.600 € para cada grupo).
- Un pago de 46.800,00 euros en diciembre de 2021 (15.600 € para cada grupo).
- Un pago de 46.800,00 euros en junio de 2022 (15.600 € para cada grupo).
- Un pago de 46.800,00 euros en diciembre de 2022 (15.600 € para cada grupo).
- Un pago de 46.800,00 euros en junio de 2023 (15.600 € para cada grupo).

– Un último pago de 46.800,00 euros a la terminación del Convenio (15.600 € para cada grupo).

3.4 Grupo «Advanced Nuclear Technologies» de la UPC:

- Un pago de 15.796,00 euros en junio de 2020.
- Un pago de 15.796,00 euros en diciembre de 2020.
- Un pago de 15.796,00 euros en junio de 2021.
- Un pago de 15.796,00 euros en diciembre de 2021.
- Un pago de 15.796,00 euros en junio de 2022.
- Un pago de 15.796,00 euros en diciembre de 2022.
- Un pago de 15.796,00 euros en junio de 2023.
- Un último pago de 15.796,00 euros a la terminación del Convenio.

4. Forma de pago

Cada uno de los pagos se realizará previa entrega por parte del coordinador del proyecto de la documentación mencionada en la Memoria Técnica correspondiente a cada hito y que consistirá en un informe de progreso de las tareas y objetivos marcados en cada período. La aceptación de esta documentación por parte del CSN será condición necesaria para autorizarse el pago.

En lo referido al último pago, se presentará con un mes de antelación un informe que resuma las conclusiones y recomendaciones de la totalidad de los trabajos realizados dentro de este Convenio Específico, 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 los hitos que se definen en la Memoria Técnica y en la Memoria Económica.

Los pagos quedarán condicionados a la previa existencia de crédito específico y suficiente en cada ejercicio económico, con cumplimiento de los límites establecidos en el artículo 47 de la Ley General Presupuestaria.

El abono de dichas cantidades se hará efectivo mediante transferencia a la cuenta de las Universidades UPC/ UPM/ UPV especificando en cada abono la referencia indicada en el requerimiento de pago correspondiente.

Entre la documentación que se entregue al CSN para proceder a la liquidación final del Proyecto deberá incluirse un certificado total con las horas realizadas por el personal implicado en los trabajos de investigación a los que se refiere este Convenio. Además, todas las partidas que se indican en este Convenio deberán ser debidamente justificadas a efectos contables y de control del gasto.

Las Universidades realizarán 2 documentos justificativos de los costes correspondientes en los que se haya incurrido. Uno a mitad del Proyecto y otro al finalizar el mismo, incluyendo este último la información correspondiente a todo el Proyecto.