



## ANEXO IIB

(Modalidad: JUNIOR / Ref.: BEAGAL 18/00222)

### **REQUISITOS ESPECÍFICOS DE LOS ASPIRANTES DE LA CONVOCATORIA PÚBLICA PARA LA CONTRATACIÓN, CON CARÁCTER TEMPORAL DE PERSONAL INVESTIGADOR DOCTOR, EN LA MODALIDAD DE INVESTIGADOR DISTINGUIDO, PARA EL DEPARTAMENTO DE FÍSICA EN EL ÁREA DE FÍSICA Y CIENCIAS DEL ESPACIO.**

Área de conocimiento: Física y Ciencias del Espacio

Departamento: Física

Antigüedad necesaria en el puesto: 5 años

Información Adicional: Ayuda asociada al Área de Física Teórica de la Universidad de Oviedo (Departamento de Física).

#### **Proyecto Docente que deberá realizar el investigador:**

Con esta solicitud de ayuda Beatriz Galindo se persigue la realización de un proyecto docente asociado al Área de Física Teórica de la Universidad de Oviedo (código F018405), perteneciente al Departamento de Física.

#### Proyecto Docente

El profesor universitario debe transferir a los estudiantes no solo la capacitación técnica de su área de conocimiento, sino también las habilidades que necesitarán como futuros científicos o trabajadores especializados. Debido a que el deber del profesor es formar y no solo informar, la dimensión pedagógica de la enseñanza debe ser cuidadosamente considerada. En este sentido, el profesor de una disciplina científica debe tener en cuenta que muchos estudiantes han sido objeto de una educación secundaria donde la verdad científica aparece como algo inmutable y casi dogmático. Este aspecto, si no se corrige adecuadamente, puede ser una limitación seria para el desarrollo de aptitudes instrumentales que los estudiantes necesitarán en sus futuras carreras. Por lo tanto, un proyecto de enseñanza debe medirse también por la capacidad de inculcar en los estudiantes la capacidad de pensar críticamente y creativamente, alejándose de enfoques dogmáticos. Por lo tanto, el profesor debe adoptar un enfoque pedagógico que promueva la autonomía, la responsabilidad y la iniciativa, el aprendizaje significativo, estimule el pensamiento crítico y creativo, mejore el procesamiento de la información. Para lograr estos objetivos, diferentes técnicas educativas pueden permitir obtener los objetivos educativos mencionados. Éstas deben incluir, entre otras, clases expositivas, sesiones de seminarios y trabajo en equipo, trabajo en proyectos, aprendizaje basado en problemas, prácticas de laboratorio, sesiones de tormentas de ideas, uso de técnicas audiovisuales y el uso de mapas conceptuales.

Las clases expositivas deben proporcionar a los estudiantes una visión general del tema y facilitan la adquisición de los conceptos fundamentales, que a menudo se asimilan más fácilmente vía escucha que por medio de la lectura. Las conferencias son una herramienta extremadamente útil para motivar a los estudiantes, y por lo tanto deben ser planificadas de una manera dinámica y entusiasta, para atraer la atención y el interés de los estudiantes, permitiendo cursos participativos. Deben tenerse en cuenta las necesidades académicas y personales específicas de los estudiantes, prestando atención a la diversidad que se encuentra en cualquier grupo de estudiantes.



Se necesitan además seminarios, clases tutoriales y sesiones de resolución de problemas en cada enseñanza científica, ya que es importante el desarrollo de las aptitudes prácticas y de las habilidades para resolver problemas. La adquisición de este conocimiento solo es posible si los estudiantes resuelven problemas por sí mismos. Los problemas deben seleccionarse cuidadosamente para, por un lado,

reforzar el conocimiento obtenido en las clases y, por otro, para desarrollar las habilidades personales de resolución de problemas introduciendo nuevos aspectos diferentes a los ya discutidos en las clases. Además, las sesiones grupales de resolución de problemas y las clases tutoriales deben permitir a los estudiantes identificar claramente los conceptos clave para aprender y las relaciones entre ellos. La discusión de opiniones, dificultades y el análisis de otros puntos de vista contribuyen al desarrollo del pensamiento crítico e independiente del estudiante y a expandir las capacidades de trabajo en equipo, facilitando la integración de los estudiantes en equipos y en la industria.

Las prácticas de laboratorio ofrecen a los estudiantes una experiencia práctica directa, ayudándolos a desarrollar habilidades metodológicas fundamentales, en particular, la seguridad. Trabajar en el laboratorio muestra al alumno que el objetivo principal es proporcionar una solución a un problema y no resultados numéricos sin sentido. Las clases de laboratorio que involucran la solución de problemas de la vida real fomentan el pensamiento crítico y brindan a los estudiantes experiencia en un ambiente de trabajo como los que se encuentran en un laboratorio científico o en la industria. Además, la dimensión práctica proporcionada por las sesiones de laboratorio contribuye a motivar el interés de los estudiantes en el tema, ya que se dan cuenta de que los conceptos abstractos aprendidos en las clases tienen una aplicación en la vida real.

A nivel individual, el método de las clases tutoriales personalizadas es la técnica de enseñanza más efectiva. Puede ilustrar los nuevos conceptos aprendidos en las conferencias con ejemplos que se relacionan con el conocimiento que ya tiene el alumno. Además, el aprendizaje de nuevos conceptos se puede adaptar dinámicamente a las necesidades específicas de cada alumno, reduciendo significativamente las diferencias entre ellos. La enseñanza personalizada es una forma valiosa de mejorar la calidad de la enseñanza, ya que puede lograr una interacción personal directa con los diferentes estudiantes del grupo. Sin embargo, este tipo de enseñanza no siempre es posible debido al tamaño de los grupos, pero puede dirigirse, al menos, a aquellos estudiantes que encuentran problemas con un tema.

En los últimos años, la llegada de internet ha hecho posible el acceso a la gran cantidad de conocimiento que está en manos de los profesores de las mejores universidades del mundo y hay muchas iniciativas en curso para compartir este conocimiento. Entre ellas, el programa OpenCourseWare, en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), proporciona acceso gratuito a material educativo de alta calidad. El uso de estos recursos es beneficioso para el estudiante, que puede obtener nueva información y diferentes puntos de vista sobre los mismos temas presentados en las conferencias. Un profesor debe alentar a los estudiantes a hacer uso de estos recursos.

Finalmente, con respecto a la evaluación de la asignatura, los exámenes son la forma normal de evaluar el rendimiento de los estudiantes. Se deben de realizar tanto con la teoría, como con los problemas o ejercicios prácticos. Los exámenes deben diseñarse de una manera constructiva, de tal manera que una pregunta conduzca a lo siguiente, poniendo énfasis en los conceptos fundamentales pero tratando también con conceptos más complicados/específicos en menor medida. La idea subyacente debe ser que, para que los alumnos aprueben, deben demostrar que no solo memorizan sino que también comprenden los conceptos básicos. Además de los exámenes, también se deben evaluar las tareas de resolución de problemas, o las sesiones prácticas.



### Programación Docente

En concreto, con esta ayuda Beatriz Galindo se pretende incorporar a nuevo personal docente a este área de conocimiento, que actualmente está integrada por varios grupos de investigación con intensa actividad docente en el Grado de Física y en el Grado Doble de Física y Matemáticas, y que debido a su actual estructura de plantilla posee una carga docente muy elevada y una edad media de 58 años en sus profesores. Además, las necesidades de personal docente serán aún mayor tras la entrada en funcionamiento del nuevo Máster en Física Avanzada, donde este área poseerá mucha carga docente.

Se propone la incorporación de personal docente para impartir la asignatura de “Teoría de la Relatividad General” (6 ECTS), en el Grado de Física, y la asignatura optativa “Aspectos modernos en supergravedad y geometría” (6 ECTS) en el Máster en Física Avanzada.

Los contenidos de la asignatura de “Teoría de la Relatividad General” son:

Simetrías espacio-temporales y transformaciones de Lorentz. Observadores inerciales y teoría de la relatividad especial. Observadores no-inerciales y covariancia. Teoría de la relatividad general de Einstein: geometría de Riemann, acción de Einstein-Hilbert y ecuaciones de Einstein. Soluciones de vacío de las ecuaciones de Einstein. Tests clásicos de la relatividad general. Métrica de Friedmann–Lemaître–Robertson–Walker. Ondas gravitacionales. Agujeros negros. Formalismo de tétradas para la gravitación. Fermiones en gravitación. Teoría de Kaluza-Klein sobre dimensiones extras. Supergravedad.

Los contenidos de la asignatura de “Aspectos modernos en supergravedad y geometría” son:

Introducción a las teorías de supergravedad en varias dimensiones: álgebra de supersimetría, supermultipletes, Lagrangianos y leyes de transformación. Diferentes supergravedades en 10D/11D que capturan la dinámica de baja energía de la teoría de cuerdas y de la teoría M. Aparición de simetrías globales (conectadas con las dualidades de teoría de cuerdas) que aparecen cuando las supergravedades en 10D/11D se reducen a dimensiones menores. Introducción de dos frameworks covariantes bajo dualidad: formalismo del tensor de embedding (en dimensión baja), teorías de campos extendidas (DFT, EFT) (en dimensión alta). Nuevas estructuras geométricas (difeomorfismos generalizados, geometrías generalizadas, etc.) para la descripción de clases de compactificaciones. Configuraciones no-geométricas de la teoría de cuerdas. Presencia de cargas magnéticas en teorías de campos locales. Aplicaciones de los frameworks covariantes bajo dualidad en la correspondencia AdS/CFT y en cosmología. Construcción de modelos de universos en expansión acelerada (inflacionario/de Sitter) en la teoría de cuerdas.

Además de estos contenidos, el proyecto docente a presentar deberá contener al menos las siguientes secciones:

- Requisitos previos y perfil del alumnado
- Competencias a adquirir
- Contenidos de las clases expositivas y de las prácticas de aula
- Contenidos y desarrollo de las prácticas de laboratorio
- Métodos de evaluación
- Bibliografía recomendada y recursos de apoyo



Conexión con los fines del Campus de Excelencia Internacional de la Universidad de Oviedo

Este proyecto docente se enmarca dentro de las líneas de especialización del Clúster de Energía, Medioambiente y Cambio Climático (CEMACC) del Campus de Excelencia Internacional de la Universidad de Oviedo, que tiene entre sus miembros actuales a 95 grupos y equipos de investigación de esta universidad. Desde la constitución de este Clúster en el año 2010, sus investigadores han participado en 246 solicitudes de proyectos europeos (que suponen aproximadamente un 65% de las solicitudes totales de esta universidad), de los que se han concedido 24 proyectos, destacando la participación universitaria principalmente a través de 9 departamentos. Uno de estos es el Departamento de Física, que ha presentado 21 de estos proyectos europeos, con un 6% de todos los proyectos europeos concedidos en este periodo. También, este departamento ha conseguido 31 proyectos nacionales en el mismo periodo de tiempo.

### **Proyecto Investigador y Transferencia de Conocimiento que deberá realizar el investigador:**

En esta ayuda Beatriz Galindo se solicita la realización de un proyecto investigador enmarcado en el Área de Conocimiento de Física Teórica de la Universidad de Oviedo (Departamento de Física) que implique su potencial participación en consorcios internacionales sobre dualidades en teoría de cuerdas, así como en teoría cuántica de campos.

Así, la manera en la que actualmente entendemos el Universo descansa sobre tres pilares: un espacio-tiempo 4D ( $x$ - $y$ - $z$  + tiempo), partículas fundamentales descritas como campos cuánticos (electrones o fotones), y la gravitación. Pero avances recientes en la teoría de cuerdas han revelado una conexión entre gravitación y campos cuánticos que ha culminado con la correspondencia AdS/CFT. Ésta es una equivalencia holográfica entre sistemas gravitacionales clásicos, que viven en la totalidad del espacio-tiempo; y campos cuánticos fuertemente acoplados, que viven sólo en la frontera del espacio-tiempo. La correspondencia AdS/CF ha encontrado numerosas aplicaciones incluyendo la descripción del plasma de quarks y gluones de la física nuclear en términos de agujeros negros en un espaciotiempo 5D, la transición desde superfluido a aislante en física de la materia condensada, o la dualidad fluido-gravedad.

Los objetos fundamentales en teoría de cuerdas no son partículas puntuales sino pequeñas cuerdas y membranas que viven en un espacio-tiempo 10D. Esto tiene consecuencias sorprendentes: las leyes físicas en nuestra realidad 4D vienen determinadas por la geometría (forma y tamaño) de las seis dimensiones extras predichas por la teoría. Es por lo tanto esencial conectar nuestras cuatro dimensiones con las diez dimensiones de la teoría de cuerdas.

La búsqueda de conexiones entre un espacio-tiempo 10D y otro 4D ha llevado a los investigadores más allá de los límites de la geometría convencional, explorando así nuevos e intrigantes aspectos no geométricos del espacio y del tiempo. El concepto fascinante de no-geometría ha revolucionado completamente nuestra interpretación del tejido espacio-temporal: observadores viajando a lo largo de un camino cerrado no vuelven a ellos mismos sino que sufren una transformación de dualidad que va mucho más allá de los conceptos clásicos en geometría. IncurSIONES en esta *terra incognita* no geométrica han encontrado numerosas aplicaciones en cosmología. Por ejemplo, en la elaboración de modelos teóricos que describan la expansión acelerada del Universo evitando aspectos no perturbativos difíciles de mantener bajo control computacional.



Este proyecto de investigación debe combinar la idea consolidada de holografía con el concepto fascinante de no-geometría como el sello distintivo de la teoría de cuerdas como teoría fundamental. El proyecto debe explorar la *terra incognita* no geométrica desde una perspectiva holográfica con el objetivo de desarrollar nuevas formas de geometría, así como herramientas para abordar cuestiones fundamentales en cosmología y gravedad cuántica.

Se deberán investigar modelos de supergravedad no geométricos de manera holográfica utilizando agujeros negros como objetos de estudio. La razón es doble: i) la no-geometría aparece por la presencia de membranas exóticas en teoría de cuerdas, las cuales se cree que describen agujeros negros microscópicamente; ii) utilizando la correspondencia AdS/CFT y las técnicas de localización, la descripción holográfica de estos agujeros negros aportará una nueva perspectiva basada en la teoría cuántica de campos al problema de la no-geometría. Por otro lado, los agujeros negros en estas teorías de supergravedad vienen acompañados de varias formas de materia con masa y carga. Esto los convierte en agujeros negros similares a los astrofísicos que producen las ondas gravitacionales detectadas recientemente.

#### Acciones de transferencia del conocimiento

Aunque las aplicaciones en esta línea de investigación básica son puramente teóricas en este momento, la idea es que puedan ser aplicables desde un punto de vista observacional en el futuro cercano. Por lo tanto, se esperan actividades de transferencia vinculadas a los desarrollos de este proyecto de investigación básica, asociadas a los campos de la física y la energía. Esta investigación es particularmente útil para ampliar nuestro conocimiento en los aspectos no geométricos del espacio-tiempo en supergravedad y teoría de cuerdas, proporcionando información para el estudio de sistemas cuánticos complejos, que van desde el plasma de quarks y los gluones (incluyendo el uso de infraestructuras europeas como el CERN), hasta la comprensión de los agujeros negros y la teoría de la relatividad.

#### **Proceso de Integración del Investigador en el Personal Docente e Investigador de la Universidad, una vez que se produzca la finalización del contrato de investigador distinguido:**

La integración, en la Universidad de Oviedo, del personal contratado Investigador Distinguido asociado a esta ayuda se realizará mediante su estabilización bajo la figura de Profesor Contratado Doctor, una figura contractual de carácter permanente y con dedicación a tiempo completo en el sistema universitario español. Para este fin, se utilizará el 15% de la tasa de reposición para Personal Investigador Doctor, ya contemplado en los Presupuestos Generales del Estado, y hasta ahora reservado para los investigadores del Programa Ramón y Cajal.

Para conseguirlo, durante los 4 años del contrato como Investigador Distinguido, el receptor de la ayuda deberá, si no la posee ya, haber conseguido la acreditación ANECA para la figura de Profesor Contratado Doctor.

Paralelamente, si durante los 4 años de disfrute de la ayuda Beatriz Galindo como Investigador Distinguido, se lograsen también las acreditaciones ANECA para la figura de Profesor Titular de Universidad y, eventualmente, para la de Catedrático de Universidad, según la normativa interna de la Universidad de Oviedo, el área de conocimiento a la que estuviese adscrita esta ayuda Beatriz Galindo incrementaría considerablemente la probabilidad ser adjudicataria de una plaza de profesor titular o catedrático, a la que naturalmente el receptor de la ayuda podría concurrir.

### **Impacto deseado en la Universidad:**

El impacto esperado de esta ayuda Beatriz Galindo para la Universidad de Oviedo se centra en estos 4 puntos:

**-Impacto docente:** la experiencia internacional, de este Investigador Distinguido, en otros programas internacionales docentes aportará nuevas formas de programar y llevar a cabo el correspondiente proyecto docente en este área de conocimiento.

Además, su integración en la plantilla del personal docente e investigador del Área de Física Teórica (código F018405) del Departamento de Física de la Universidad de Oviedo permitirá solucionar el actual déficit de personal docente de este área, que participa actualmente en el Grado de Física, en el Grado de Doble de Física y Matemáticas, y que poseerá también asignaturas en el Máster en Física Avanzada, actualmente en preparación en esta Universidad. La edad media del profesorado en esta área es de 58 años, por lo que requiere urgentemente la entrada de nuevo personal docente.

**-Impacto Científico:** el currículum previo de los candidatos que accedan a esta ayuda Beatriz Galindo asegura que se aportarán nuevas líneas de investigación, asociadas a consorcios internacionales (como proyectos H2020) y nacionales (como MINECO, CDTI o convocatorias de fundaciones privadas). Esto aportará publicaciones en revistas internacionales de alto impacto en esta rama de la Física, y eventualmente patentes asociadas a desarrollos concretos de esos proyectos de investigación.

La obtención de una ayuda Beatriz Galindo para este área de conocimiento permitirá incrementar aún más la tasa de proyectos obtenidos, redundando en una plantilla más diversificada en cuanto a temáticas y contactos internacionales, que mejorarían estos índices de resultados en investigación y su correspondiente impacto en la docencia de las asignaturas implicadas (nuevos métodos docentes, nuevas tecnologías, estancias de estudiantes con otros grupos extranjeros, etc.).

Además, este proyecto está en línea con importantes iniciativas de la UE, como el Laboratorio Europeo de Física de Partículas, CERN (<https://th-dep.web.cern.ch>), que desarrolla una parte importante de su actividad de investigación en el área de Física teórica de alta energía, en particular en teoría de cuerdas. La investigación en esta área tiene importantes aplicaciones en el marco de la física de partículas, ya que proporciona modelos concretos de las interacciones fundamentales de la naturaleza en el marco de las teorías supersimétricas, el principal objeto de búsqueda del LHC (Gran Colisionador de Hadrones) del CERN para enmarcar un contexto teórico coherente su descubrimiento más importante en los últimos años: el bosón de Higgs.

**-Impacto Económico:** esta ayuda Beatriz Galindo, y las actividades científicas asociadas a este contrato de Investigador Distinguido permitirán incrementar la captación de fondos desde proyectos internacionales y nacionales por parte del Área de Física Teórica, dada la experiencia científica previa que poseerán los candidatos a la ayuda, y su previsible red de colaboraciones internacionales en esta rama de conocimiento, tras tantos años de actividades científicas en la misma.