

## PROYECTO CIENTÍFICO-TÉCNICO PROGRAMA DE ATRACCIÓN Y RETENCIÓN DE TALENTO DIGITAL

### DATOS DEL PROYECTO DE I+D

**Título del Proyecto de I+D:** Tecnología de imagen multi-modal para investigación pre-clínica (TIMPRE)

**Ámbitos tecnológicos o científicos del Proyecto de I+D<sup>1</sup>:** Inteligencia Artificial, Medical devices, Imagen Médica, Edge Computing

**Prioridad 1. Tipo de contrato (DRFC1, DRFC2, TSFC1, Predoc):** DRFC2

**Prioridad 2. Tipo de contrato (DRFC1, DRFC2, TSFC1, Predoc)**

**Prioridad 3. Tipo de contrato (DRFC1, DRFC2, TSFC1, Predoc)**

**NOTA:** Si se solicita más de uno, se deben elegir modalidades distintas para cada contrato. A efectos de este requerimiento, DRFC1 y DRFC2 se considera la misma modalidad.

### DATOS DEL INVESTIGADOR/A PRINCIPAL DEL PROYECTO DE I+D

<b>Apellidos, Nombre:</b> Camacho Sosa-Dias, Jorge	<b>Teléfono:</b> 915618806
<b>NIF/NIE:</b> 05991207Y	<b>E-mail</b> j.camacho@csic.es
<b>Categoría profesional:</b> Científico Titular	
<b>F. fin:</b> Funcionario	
<b>Centro/Instituto CSIC/ORGC:</b> Instituto de Tecnologías Físicas y de la Información	
<b>Dirección:</b> c/Serrano 144, 28006	<b>Ciudad:</b> Madrid

### DATOS DEL CO-INVESTIGADOR/A PRINCIPAL DEL PROYECTO DE I+D (opcional)

<b>Apellidos, Nombre:</b> López Herraiz, Joaquín	<b>Teléfono:</b> 91 394 4484
<b>NIF/NIE:</b> 04607386A	<b>E-mail</b> jlopezhe@ucm.es
<b>Categoría profesional:</b> Profesor Titular de Universidad	
<b>F. fin:</b> Funcionario	
<b>Centro/Instituto CSIC/ORGC/Entidad externa:</b> Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid	
<b>Dirección:</b> <u>Pl. de las Ciencias, 1, Moncloa - Aravaca, 28040 Madrid</u> Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid	<b>Ciudad:</b> Madrid

<sup>1</sup> Detallados en Anexo I.

## I. INTRODUCCIÓN

Explicación de una manera clara los antecedentes, objetivos y temática generales del proyecto de investigación / técnico.

(máximo 30 líneas)

La investigación pre-clínica es fundamental para el desarrollo de nuevos fármacos y tratamientos médicos, y requiere, en muchos casos, tecnologías de imagen ad-hoc con elevados estándares de resolución y mayores prestaciones que las utilizadas en el ámbito clínico. En esta línea, las nuevas técnicas de IA y aprendizaje profundo han demostrado ser una herramienta disruptiva, tanto para la generación de las imágenes ultrasónicas como para su interpretación.

Las redes neuronales convolucionales tienen un enorme potencial para la generación de imágenes ultrasónicas a partir de los datos recibidos por los sensores, superando, en algunos casos, las limitaciones de resolución y contraste de los métodos tradicionales. Por otra parte, son de utilidad para la transformación de dominios durante la fusión de imágenes multi-modales, consiguiendo un co-registro eficiente y de buena calidad. Éste es un aspecto muy relevante, ya que uno de los principales problemas de los sistemas multi-modales es la fusión de datos. Finalmente, las técnicas de aprendizaje profundo han demostrado ser disruptivas en la segmentación de imágenes para su análisis y extracción de características principales, lo que permite sistematizar los estudios y cuantificar mejor los resultados.

El objetivo del proyecto es la formación de un/a Doctor/a en competencias digitales, cuya participación refuerce el desarrollo de la tecnología multi-modal de imagen para investigación preclínica en desarrollo por los grupos participantes, aprovechando la creciente multidisciplinariedad en imagen médica entre los grupos del ITEFI y con grupos externos. En particular, se pretende fortalecer la colaboración actual con el grupo de Física Nuclear de la Universidad Complutense de Madrid, cuyo investigador, Joaquín López-Herraiz, participará con el rol de CO-IP en esta propuesta.

El proyecto se enmarca dentro de las líneas estratégicas definidas por el ITEFI dentro del Plan MAX. Dentro del Objetivo I: “Investigar y desarrollar nuevas tecnologías de diagnóstico y tratamiento médico para universalizar el acceso a técnicas avanzadas”, aportará al objetivo específico I.1 “Desarrollar tecnologías de visualización y caracterización de tejidos biológicos para la mejora de las herramientas de diagnóstico médico” en la línea de investigación “Nuevas técnicas de diagnóstico multi-modal y multi-funcional”.

## 2. ANTECEDENTES Y ESTADO DEL ARTE DE LA TEMÁTICA DEL PROYECTO

Exposición el estado actual e importancia de la temática del proyecto, incluyendo las citas correspondientes y exponiendo los objetivos que justifican el proyecto.

(máximo 30 líneas)

Dos de los principales objetivos en investigación preclínica, son la mejora de las técnicas y procedimientos para obtener más y mejor información de los experimentos realizados, y la reducción paulatina del uso de animales. Para conseguir estos objetivos, es imprescindible proponer nuevas tecnologías de imagen capaces de obtener información más precisa tanto de la estructura de los tejidos como de su funcionamiento, lo cual requiere innovar tanto en los principios físicos utilizados como en los dispositivos que los implementan. Esta tarea requiere un elevado grado de competencias digitales, tanto para la concepción de nuevos algoritmos de imagen como para su implementación.

El proyecto propone avanzar hacia estos dos objetivos globales, mediante la combinación de imagen ultrasónica funcional tridimensional (3DUT)[1], con imagen de tomografía por emisión de positrones (PET)[2] y opto-acústica (OA)[3], utilizando herramientas de inteligencia artificial y aprendizaje

profundo, tanto para la generación de las imágenes a partir de los datos obtenidos de los sensores, como para su interpretación, cuantificación, fusión y comprensión de la interrelación entre ellas. Estas herramientas han probado ser disruptivas en nuestro campo, dado que permiten tanto mejorar la calidad de las imágenes obtenidas [4] como extraer y cuantificar características que hasta ahora se evaluaban de forma cualitativa [5].

Esta tarea requiere la formación de un/a Doctor/a en competencias digitales relacionadas con el campo, siendo éste un objetivo prioritario de la propuesta. Otro de los objetivos principales, es la generación y publicación de una base de datos multi-modal de imágenes preclínicas, preparada para ser utilizada en el entrenamiento de modelos de aprendizaje profundo y técnicas de big-data.

[1] Macé E, et al. 2018. Whole-brain functional ultrasound imaging reveals brain modules for visuomotor integration. *Neuron* 100:51241–51.e7

[2] Mailyn Perez-Liva et al, 2018, Performance evaluation of the PET component of a hybrid PET/CT-ultrafast ultrasound imaging instrument, [10.1088/1361-6560/aad946](https://doi.org/10.1088/1361-6560/aad946)

[3] Sarkar, et. al. (2023). Motion rejection and spectral unmixing for accurate estimation of in vivo oxygen saturation using multispectral optoacoustic tomography. *IEEE Transactions on Ultrasonics, Ferroelectrics, and Frequency Control*. vol. 70, no. 12, pp. 1671-1681

[4] Wang, G., et. al Deep learning for tomographic image reconstruction. *Nat Mach Intell* 2, 737–748 (2020). <https://doi.org/10.1038/s42256-020-00273-z>

[5] Camacho, J.; et al. Artificial Intelligence and Democratization of the Use of Lung Ultrasound in COVID-19: On the Feasibility of Automatic Calculation of Lung Ultrasound Score. *Int. J. Transl. Med.* 2022, 2, 17-25. <https://doi.org/10.3390/ijtm2010002>

### 3. OBJETIVOS PREVISTOS DEL PROYECTO

Lista de los objetivos principales y secundarios del proyecto.

(máximo 20 líneas)

El objetivo general del proyecto es el desarrollo de una tecnología de imagen biomédica multi-modal para investigación pre-clínica con técnicas de IA, que combine imagen ultrasónica tridimensional de alta resolución, imagen de tomografía por emisión de positrones y opto-acústica, incorporando metodologías de deep learning en la formación y evaluación de las imágenes. Buscamos mejorar la capacidad de los laboratorios de investigación preclínica para el seguimiento y cuantificación de intervenciones con animales, otorgándoles una herramienta capaz de visualizar estructuras y funciones hasta ahora no evaluables con la tecnología disponible.

La hipótesis de partida es que la falta de dispositivos de imagen adaptados a las particularidades de la investigación preclínica, limita el desarrollo del campo, y merma la capacidad de los laboratorios para obtener la mayor cantidad posible de información durante los experimentos.

Los objetivos específicos son:

O1) La formación de un/a Doctor/a en competencias digitales relacionadas con la inteligencia artificial y el aprendizaje profundo, y la aplicación de los conocimientos adquiridos para mejorar la calidad de las imágenes obtenidas y su interpretación.

O2) El desarrollo y publicación de una base de datos abierta con los resultados obtenidos mediante las distintas tecnologías desarrolladas, con el objetivo de que pueda ser utilizada para el entrenamiento de nuevos modelos de IA y el desarrollo de algoritmos de procesamiento en general.

O3) El fortalecimiento de las colaboraciones nacionales e internacionales de la persona contratada y

de los grupos involucrados, así como la mejora en la formación multidisciplinar y en la capacidad de atraer, formar y mantener talento.

#### **4. IMPACTO ESPERADO DEL PROYECTO EN EL ÁMBITO DE LAS COMPETENCIAS DIGITALES AVANZADAS**

Describir brevemente el impacto esperado en el centro, el CSIC y el ámbito científico técnico de la propuesta.

(máximo 30 líneas)

En el ámbito del ITEFI, el impacto esperado para esta propuesta se considera alto. El/la doctor/a contratado colaborará con 3 grupos pertenecientes a 3 departamentos del instituto, lo que supone un refuerzo importante para la actividad científica del centro. Además, el proyecto aborda directamente uno de los objetivos científicos prioritarios definidos en el Plan MAX. Cabe destacar que, en la actualidad, los grupos involucrados no cuentan con personal formado en competencias digitales, al nivel necesario, para abordar los retos que supone la incorporación de métodos de IA y aprendizaje profundo en sus investigaciones actuales.

A nivel del CSIC, creemos que la formación de personal en la temática de esta propuesta puede suponer nuevas oportunidades de colaboración entre centros. En la actualidad, los grupos involucrados del ITEFI colaboran con el IFIC y con el I3M en temas relacionados la propuesta, y dichas colaboraciones podrían beneficiarse de los resultados obtenidos. Además, el grupo GSTU, cuyo responsable lidera esta propuesta, participa en la Plataforma Interdisciplinar PTI+ Salud Global, donde los resultados del proyecto serían de aplicación directa, compartiendo conocimiento y capacidades con otros grupos de la plataforma.

En cuanto al impacto en el ámbito científico, consideramos que también sería alto. La investigación preclínica está en la base de todos los desarrollos médicos de equipamiento, medicamentos y procedimientos de intervención, por lo que la innovación en este campo repercute directamente en casi todos los ámbitos de la investigación clínica. En particular, dotar a los laboratorios de investigación preclínica de sistemas de imagen capaces de obtener más y mejor información en cada experimento, no sólo reduce los tiempos de investigación y el uso de animales, sino que permite plantear objetivos científicos más ambiciosos. Por ejemplo, poder evaluar de forma simultánea en un mismo animal, tanto las estructuras anatómicas como su funcionamiento y correlacionar los resultados con otras variables biológicas, hace posible estudiar procesos biológicos complejos hasta ahora difíciles de evaluar in vivo. Este proyecto pretende avanzar en esa dirección, incorporando tecnologías de IA y aprendizaje profundo para la generación, optimización y análisis de las imágenes obtenidas.

Se espera también un impacto significativo en la capacidad de transferencia a la industria de los resultados obtenidos, ya que hemos detectado cierta falta de equipamiento de imagen específicamente diseñado para pequeños animales, y suficientemente potente, abierto y flexible para ser utilizado en investigación. Los grupos participantes cuentan con experiencia en la transferencia de resultados al sector productivo, tanto en aplicaciones médicas como industriales.

#### **5. ÁMBITOS TECNOLÓGICOS O CIENTÍFICOS DEL PROYECTO DE I+D (ANEXO I)**

Justificación de la elección de los ámbitos tecnológicos o científicos en los que se encuadra el Proyecto de I+D del Anexo I

(máximo 10 líneas)

El proyecto se enmarca, principalmente, en los siguientes ámbitos tecnológicos de la convocatoria:

- Imagen médica: Centrado en la investigación y desarrollo de tecnologías de imagen médica aplicada

a la investigación pre-clínica.

- Medical devices: Desarrollo de una tecnología de imagen multi-modal, que involucra la concepción, construcción y validación de nuevos dispositivos.
- Inteligencia Artificial: Se plantea la IA como una herramienta para mejorar las imágenes obtenidas con distintas modalidades.
- Edge computing: El proyecto requiere del diseño e implementación de electrónica dedicada para la conformación de señales cerca del sensor.

## 6. ACTIVIDADES DE FORMACIÓN INDIVIDUALIZADAS POR CONTRATO

Una ficha Excel para la descripción de las actividades (Anexo II) por cada contrato solicitado.

## 7. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Descripción del procedimiento general, instrumentación, medios, etc. que se van a utilizar en el proyecto.

(máx. 30 líneas)

El proyecto se plantea como una colaboración transversal entre 3 grupos del ITEFI y un grupo de la UCM: GSTU-ITEFI, ULAB-ITEFI, PSUM-ITEFI, GFN-UCM, que cuentan con proyectos nacionales e internacionales en esta temática. Estarán involucrados directamente en la formación de la persona contratada, 5 investigadores de plantilla del ITEFI y 2 investigadores de la UCM.

Los grupos cuentan con laboratorios equipados para el desarrollo del proyecto, incluyendo sistemas y sensores, capacidad de desarrollar símiles de tejido biológico, ordenadores de altas prestaciones para el entrenamiento de modelos y electrónica edge-computing para su implementación en tiempo real. También cuentan con financiación para la adquisición de materiales, fabricación de prototipos y adquisición de software, proveniente de proyectos en vigor. A modo de ejemplo, los proyectos “Arquitecturas edge-computing y algoritmos de procesamiento distribuido para imagen ultrasónica inteligente” (PID2022-143271OB-I00) y “Acoustic sensor solutions integrated with digital technologies as key enablers for emerging applications fostering society 5.0” (EU, G.A. 101096884) están directamente relacionados con la propuesta. Además, los grupos cuentan con acceso a los recursos de computación avanzados del CSIC, y de plataformas externas como Google Colab.

Cuentan además con una red consolidada de colaboraciones internacionales, a la que podrá optar la persona contratada para realizar estancias formativas y/o de investigación. En relación directa con esta propuesta, podemos destacar: IdiPaz (España), NERF (Bélgica), University of Zurich (Suiza).

A partir de estos medios se propone que el/la doctor/a a contratar consolide una formación integrada y multidisciplinar en imagen preclínica, incorporando a su conocimiento y al de los grupos participantes, las potencialidades de nuevas tecnologías basadas en IA, y desarrollando y fortaleciendo la red de contactos nacionales e internacionales. El proyecto está planteado de forma incremental, de manera que durante el primer año se dedicará en gran parte a la formación en competencias digitales, cursando un máster oficial en la temática. Durante el segundo año recibirá formación en imagen preclínica, y comenzará a colaborar en los trabajos de investigación, que se extenderán hasta el final del proyecto. Durante el último año, estará a cargo de la publicación de una base de datos abierta con las imágenes adquiridas durante el proyecto.

La metodología busca la formación, no sólo en competencias digitales, sino también en competencias transversales que le ayuden a mejorar su desempeño en la carrera investigadora. Algunas de las actividades propuestas, como la organización de workshops y seminarios, la dirección de estudiantes y la difusión de resultados mediante la generación de bases de datos abiertas, van en esta dirección.

## 8. PLAN DE TRABAJO

Cronograma orientativo del desarrollo esperado del proyecto y las colaboraciones previstas, indicando la contribución de cada contratado al mismo.

(máximo media hoja)

El proyecto se divide en los siguientes paquetes de trabajo:

WPI (Mes 1 a 15): Formación en técnicas de imagen multi-modal e inteligencia artificial.

Orientado a la formación de la persona contratada en técnicas de generación y análisis de imagen multi-modal y optimización mediante IA. Como parte fundamental del WP, se plantea la realización, por parte de la persona contratada, de un máster en la temática relacionada con el proyecto. Durante éste período se prevé una estancia en la UCM, para adquirir conocimientos sobre generación de imágenes de tomografía ultrasónica y técnicas de inteligencia artificial.

WP2 (Mes 13 a 40): Formación en experimentación pre-clínica y aplicación de los conocimientos sobre técnicas digitales adquiridos en el WPI.

La persona contratada recibirá formación en experimentación pre-clínica, y participará en las investigaciones en curso aportando el conocimiento adquirido en el WPI. Es particular, se espera que proponga nuevas metodologías de imagen y optimizaciones a las ya existentes, utilizando herramientas de procesamiento de señal, imagen e IA. Durante este WP se prevé una estancia en NERF, otra en ZURICH y otra en IdiPaz, que consoliden la experiencia y formación multidisciplinar en distintas técnicas de imagen, así como en metodologías experimentales de investigación pre-clínica y la validación de las técnicas de IA desarrolladas.

WP3 (Mes 38 a 48): Especificaciones, desarrollo y publicación de una base de datos, de acceso abierto, de imágenes biomédicas procedentes de las distintas tecnologías utilizadas en el proyecto. Se hará especial hincapié en la facilidad de uso de estas imágenes para el entrenamiento de nuevos modelos de IA.

WP4 (Mes 1 a 48): Coordinación entre grupos, seguimiento, dirección de trabajos de grado / máster / doctorado, transferencia del conocimiento, networking y difusión.

## 9. PLAN DE DIFUSIÓN Y/O TRANSFERENCIA PREVISTAS DE LOS RESULTADOS

Ej: Publicaciones en medios de impacto o que cuenten con evaluación previa (*peer review*); comunicaciones, seminarios, actividades de divulgación; patentes, informes, modelos de utilidad, *know-how*, tesis doctorales, etc.

(máx. 20 líneas)

Los resultados obtenidos se publicarán en revistas JCR y congresos internacionales, cumpliendo en todos los casos con el mandato de acceso abierto del CSIC. Se prevé la publicación, al menos, de 3 trabajos en revistas JCR y 4 publicaciones en congresos internacionales.

Una parte importante del plan de difusión, es la publicación de una base de datos abierta con las imágenes obtenidas durante el proyecto. Se publicará dicha base de datos mediante su presentación en congresos internacionales que sirvan de referencia para citar el trabajo realizado. Se prevé también realizar un lanzamiento de dicha base de datos mediante un evento online invitando al mayor número posible de entidades con posible interés en el uso de los datos.

Otra actividad importante dentro del plan de difusión, es la organización por parte de la persona

contratada del Workshop correspondiente al Objetivo I del Plan MAX del instituto. No sólo se trata de colaborar con la difusión de nuestra investigación, sino que la persona contratada también adquiera experiencia en la organización de este tipo de eventos, desarrollando sus competencias en la creación y fortalecimiento de redes profesionales.

Los grupos involucrados en la propuesta tienen una larga trayectoria en transferencia de tecnología a la industria, tanto mediante contratos con empresas del sector como mediante la creación de empresas de base tecnológica. Se prevé la protección de los resultados mediante patentes y/o secretos industriales, y la búsqueda activa de potenciales socios empresariales.

<b>Firma del investigador/a principal</b>	<b>Firma del co-investigador/a principal</b>
<b>Fdo.:</b>	<b>Fdo.:</b>
<b>Fecha: 22 de Mayo de 2024</b>	