



UNIVERSIDAD  
DE MÁLAGA

Memoria de creación del  
Instituto Universitario de  
Materiales y Nanotecnología–IMANA-  
de la Universidad de Málaga

Málaga, 2021

## ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Memoria científica justificativa de la creación del Instituto</b>	<b>Pag</b>
1.1.	Denominación	3
1.2.	Objetivos generales, estructura y líneas de investigación	5
1.2.1.	Objetivos generales del IMANA	5
1.2.2.	Estructura del IMANA	6
1.2.3.	Líneas de investigación del IMANA	13
1.2.4.	Adecuación de las líneas a las prioridades de investigación	13
1.3.	Justificación de su creación y actividades previas que integran su núcleo	16
1.3.1.	Justificación de la creación del IMANA	16
1.3.2.	La estrategia transversal	18
1.3.3.	Actividades previas del IMANA	21
1.4.	Programa cuatrienal de actividades	22
1.5.	Recursos humanos	23
1.6.	Recursos materiales	25
1.7.	Actividades docentes previstas	26
1.7.1.	Apoyo a la docencia de posgrado de la oferta académica actual	26
1.7.2.	Actividades docentes de nueva creación	27
1.8.	Colaboración con otras entidades públicas o privadas	27
<b>2.</b>	<b>Memoria económica de funcionamiento del Instituto</b>	<b>29</b>
2.1.	Gastos de funcionamiento	29
2.2.	Ingresos desglosados	29

### **3. Reglamento de funcionamiento del Instituto**

Anexo I: Proyectos de Investigación

Anexo II: Contratos

Anexo III: Tesis Doctorales

Anexo IV: Artículos Científicos

Anexo V: Libros y Capítulos de Libros

Anexo VI: Patentes

Anexo VII: Grupos de Investigación

Anexo VIII: Máster y Programas de Doctorados

Anexo IX: Recursos Humanos

Anexo X: Recursos Materiales

Anexo XI: Reglamento de Funcionamiento del IMANA

## 1. Memoria Científica justificativa de la creación del Instituto

### 1.1. Denominación

Esta Memoria propone la creación del *INSTITUTO de MATERIALES y NANOTECNOLOGÍA* en la Universidad de Málaga, cuyo acrónimo es IMANA.

El Instituto de Materiales y Nanotecnología (IMANA) de la UMA pretende ser un destacado Instituto de Investigación multidisciplinar en innovación tecnológica en los campos emergentes de la nanociencia, la nanotecnología y los materiales, proporcionando una infraestructura habilitadora para la investigación fundamental y aplicada en ingeniería y ciencias, favoreciendo el desarrollo socio-económico regional, con la idea de convertirse, a corto plazo, en un centro de excelencia que brinde capacitación adecuada a la Universidad de Málaga y a los socios industriales del entorno.

La ciencia e ingeniería de los materiales abarca el estudio de la estructura, propiedades, procesado y aplicaciones de todo tipo de materiales: metálicos, cerámicos, poliméricos, compuestos y biológicos. Engloba no sólo a los tradicionales materiales estructurales, sino también a los funcionales, los nanomateriales y los biomateriales. Esta disciplina es indispensable para potenciar la capacidad industrial y la innovación tecnológica, así como para mejorar la calidad de vida de un país.

El desarrollo de muchas de las tecnologías que hacen nuestra existencia tan cómoda ha estado íntimamente asociado a la accesibilidad de los materiales adecuados. El avance en el conocimiento de un tipo de material suele ser el precursor de la progresión gradual de una tecnología. Por ejemplo, los automóviles no habrían sido posibles sin la disponibilidad de acero barato o algún otro sustituto comparable. En nuestra era contemporánea, los sofisticados dispositivos electrónicos se basan en componentes fabricados con los denominados materiales semiconductores.

A veces resulta útil subdividir la disciplina de la ciencia e ingeniería de los materiales en subdisciplinas de ciencia de los materiales e ingeniería de los materiales. Estrictamente "ciencia de los materiales" implica la investigación de las relaciones que existen entre las estructuras y las propiedades de los materiales. En cambio, la "ingeniería de los materiales" se encarga, sobre la base de estas correlaciones estructura-propiedades, de diseñar o ingenierizar la estructura de un material para producir un conjunto predeterminado de propiedades. Desde una perspectiva funcional, el papel de un científico de materiales es desarrollar o sintetizar materiales, mientras que el ingeniero de materiales está llamado a crear nuevos productos o sistemas utilizando materiales existentes, y/o desarrollar técnicas de procesamiento de materiales. La mayoría de los graduados en programas de materiales están formados para ser tanto científicos de materiales como ingenieros de materiales.

La irrupción de la Nanotecnología ha supuesto una verdadera revolución en la Ciencia e Ingeniería de Materiales, de modo que hay un antes y un después del desarrollo de la nanotecnología. Uno de los pioneros en el campo de la Nanotecnología fue el físico estadounidense Richard Feynman, ganador del Premio Nobel de Física (1965), que en el año 1959 en un congreso de la sociedad americana de Física en Calltech, pronunció el discurso *There's Plenty of Room at the Bottom*-. Hay mucho espacio ahí abajo- en el que describe un proceso que permitiría manipular átomos y moléculas en forma individual, a través de instrumentos de gran precisión. De esta forma se podrían diseñar y construir sistemas en la nanoescala átomo por átomo; en este discurso Feynman también advierte que las propiedades de estos sistemas nanométricos serían distintas a las mostradas a macroescala.

En 1981 el Ingeniero estadounidense Eric Drexler, inspirado en el discurso de Feynman, publica en la revista *Proceedings of the National Academy of Sciences*, el artículo *Molecular engineering: An approach to the development of general capabilities for molecular manipulation* en donde describe más en detalle lo descrito años anteriores por Feynman. El término *Nanotecnología* fue aplicado por primera vez por Eric Drexler en el año 1986, en su libro *Motores de la creación: la próxima era de la Nanotecnología* en la que describe una máquina nanotecnológica con capacidad de autoreplicarse, en este contexto propuso el término de "*plaga gris*" para referirse a lo que sucedería si un nanobot autoreplicante fuera

liberado al ambiente. Además de Eric Drexler, el científico Japonés Norio Taniguchi, utilizó por primera vez el término nanotecnología en el año 1974, definiendo la nanotecnología como el procesamiento, separación y manipulación de materiales átomo por átomo. Hoy se considera que la **Nanotecnología** es el estudio, diseño, creación, síntesis, manipulación y aplicación de materiales, aparatos y sistemas funcionales a través del control de la materia a nanoescala, la cual muestra fenómenos y propiedades totalmente nuevos. La nanotecnología promete soluciones vanguardistas y más eficientes para los problemas ambientales, así como muchos otros enfrentados por la humanidad.

Nanotecnología, es el estudio y desarrollo de sistemas a escala nanométrica y *nano* es un prefijo que deriva del griego *νάνος* que significa enano y corresponde a un factor  $10^{-9}$  que, aplicado a las unidades de longitud, corresponde a una mil millonésima parte de un metro es decir un nanómetro; la nanotecnología estudia la materia desde un nivel de resolución nanométrico, entre 1 y 100 *nanómetros* aproximadamente. Hay que saber que un átomo mide menos de 1 nanómetro pero una molécula puede ser mayor, en esta escala se observan propiedades y fenómenos totalmente nuevos que se rigen bajo las leyes de la Mecánica Cuántica. Estas nuevas propiedades son las que los científicos aprovechan para crear nuevos materiales, sistemas nanoestructurados o dispositivos nanotecnológicos, que prometen soluciones a múltiples problemas como los ambientales, energéticos y de salud.

La diferencia entre *nanociencia* y *nanotecnología*, es que la nanociencia es el estudio del fenómeno y la manipulación de la materia a escala nanométrica (0.1 a 100 nm), mientras que la nanotecnología se trata del diseño, caracterización, producción y aplicación de estructuras, dispositivos y sistemas a través del control del tamaño y la forma a nano-escala; aunque comúnmente se emplea el término nanotecnología para referirse a ambas disciplinas. En esta escala, las propiedades físicas, químicas y/o biológicas de los materiales, objetos, sistemas, etc., difieren de manera fundamental de las propiedades de los mismos a tamaño micro/macrosκόpico, por lo que la investigación y desarrollo de la nanotecnología se orienta a la comprensión y creación de materiales mejorados, dispositivos y sistemas que exploten estas nuevas propiedades. En este sentido, la nanotecnología promete una mejor comprensión de la naturaleza y de la vida misma, en donde el tamaño y la forma son importantes. A su vez, la física, la química, la ciencia de los materiales, la simulación computacional y la ingeniería, convergen hacia los mismos principios teóricos y técnicas experimentales, posibilitando avances tecnológicos extraordinarios por la sinergia interdisciplinaria y las iniciativas.

La nanotecnología es actualmente inseparable de la ciencia e ingeniería de materiales y viceversa; el enorme desarrollo que ha tenido lugar en el campo de la nanociencia y la nanotecnología ha dado un impulso definitivo a la ciencia e ingeniería de materiales, tanto en las Universidades como en los centros de Investigación. Este enorme interés en la Ciencia y la Tecnología de los Materiales se ha hecho notar en todos los países desarrollados del mundo y naturalmente, España no ha sido una excepción.

## 1.2. Objetivos genéricos, estructura y líneas de investigación

---

### 1.2.1. Objetivos Generales del IMANA

El objetivo del Instituto IMANA es la investigación, la especialización, la excelencia en la educación superior, el desarrollo y la transferencia al sector productivo de las áreas estratégicas de la ciencia e ingeniería de materiales y de la nanociencia: *materiales, nanomateriales, nanoquímica y nanobiotecnología*.

El IMANA reunirá a los grupos de investigación de la UMA en torno al I+D+i relacionado con los materiales, la nanociencia y la nanotecnología no como mera suma de equipos sino con un replanteamiento integral de la estrategia investigadora consistente en pasar de investigación multidisciplinar a **transdisciplinar**. En dicho planteamiento no solo se suman las partes, sino que se crea un nuevo concepto de I+D+i integrado y por tanto con más capacidad sinérgica para la integración de nanociencia, nanotecnología e industria y poder dar a conocer los avances de los principales laboratorios académicos internacionales, centros de investigación y de la industria para identificar

nuevas tendencias tecnológicas, herramientas de desarrollo, oportunidades de productos, colaboraciones y socios de comercialización.

El instituto ofrecerá infraestructura y servicio a grupos de investigación de la Universidad de Málaga o de otros centros públicos (OPIs) y a empresas de las diversas áreas de ciencias y tecnología. Además, de promover el emprendimiento de egresados de la UMA apoyando iniciativas *de aquellos* proyectos enmarcados en las áreas de la nanotecnología y de los nuevos materiales. El planteamiento requiere una intensa interacción entre los grupos de investigación con un enfoque transdisciplinar de aquellas áreas involucradas en la nanotecnología. Esto no es posible si se mantiene no sólo la dispersión física sino también conceptual, por lo que la creación del IMANA dotará de un centro de referencia, colaboración y excelencia a la Universidad de Málaga.

### 1.2.2. Estructura del IMANA

La ciencia y la tecnología son fundamentales y la amplitud de los problemas que cubren nuestros científicos en sus actividades de investigación en la UMA es amplia e incluye actividades transversales de amplio alcance. Basándose en los conocimientos científicos y las competencias, así como en la colaboración con la comunidad científica, el IMANA pretende garantizar que el mejor asesoramiento científico posible influya en el desarrollo de acciones y actividades de rigor científico. El impacto de la investigación puede variar desde el aumento de nuestro conocimiento que mejora nuestra comprensión de los desafíos sociales hasta los grandes avances que producen cambios fundamentales a largo plazo.

De tal forma que se establecen cuatro *pilares* sobre los que se conformaría una organización según afinidades y recursos: *NanoBioTECH*, *NanoENER*, *NanoCHEM* y *NanoMAT* (Figura 1).



**Figura 1.** Pilares organizativos del Instituto de Materiales y Nanotecnología.

*NanoBioTECH* se orienta al desarrollo y aplicaciones de la nanotecnología para el desarrollo de nuevos fármacos y alimentos funcionales, nutracéticos y fitofarmacéuticos, ingredientes bioactivos, alimentos y recuperación de subproductos de alimentos. Al mismo tiempo su aplicación en el desarrollo de nanodiagnóstico y bioensayos; biocompatibilidad y ensayos *in vitro* para evaluar genotoxicidad, citotoxicidad y estudios de captación, transcriptómica y biosensores.

*NanoENER* se organizaría en lo referente a Energía y Medioambiente, procesos sostenibles, Remediación y Descontaminación, materiales funcionalizados y catalizadores para mejorar el rendimiento de los combustibles fósiles convencionales así como para la síntesis de nuevos biocombustibles, soluciones de

energía solar-fotovoltaica económicamente factibles, nanosistemas que puedan almacenar el exceso de energía y aumentar la viabilidad del uso de fuentes de energía alternativas.

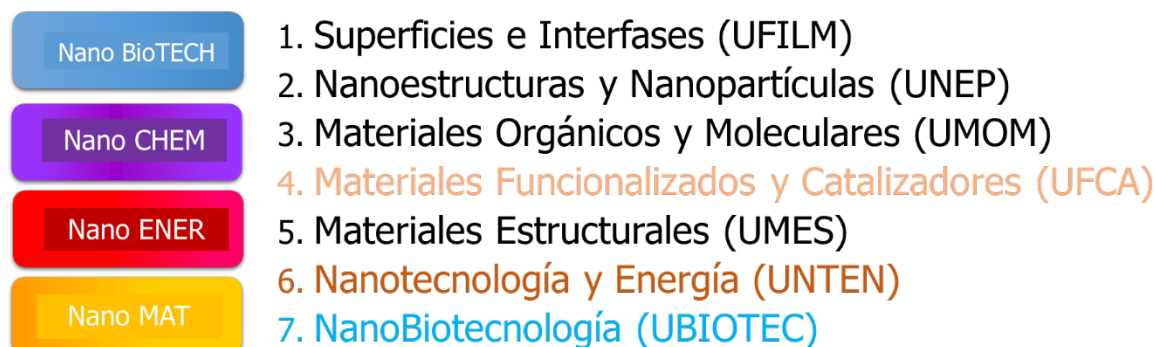
*NanoCHEM* involucra a química verde, ensayos, calidad del aire, toxicidad y salud ambiental. Química Verde y desarrollo de rutas, métodos sintéticos y procesos mejorados, diseño de productos químicos y alternativas biotecnológicas a las soluciones basadas en la química.

En *NanoMAT* se reúnen los desarrollos de materiales para aplicaciones actuales y futuras de nanociencia y nanotecnología, centrándose en el desarrollo en sus aspectos físicos, químicos y de aplicaciones en ingeniería: materia de fase condensada, fotónica y electrónica y caracterización de nanomateriales y desarrollos de dispositivos con materiales 1D, 2D y 3D.

Entre las aplicaciones más prometedoras de la nanotecnología podemos destacar

- ✓ Almacenamiento, producción y conversión de energía.
- ✓ Armamento y sistemas de defensa.
- ✓ Producción agrícola.
- ✓ Diagnóstico y cribaje de enfermedades.
- ✓ Sistemas de administración de fármacos.
- ✓ Procesamiento de alimentos.
- ✓ Remediación de la contaminación.
- ✓ Construcción.
- ✓ Monitorización de la salud.
- ✓ Detección y control de plagas.
- ✓ Detección NBQ.
- ✓ Informática.
- ✓ Cambios térmicos moleculares (Nanotermología).

Para el logro de los ejes temáticos de investigación y fomento del conocimiento y transferencia con aplicaciones, el instituto se organizará en **7 unidades interconectadas** (Figura 2) que proponen *líneas de actuación complementarias* dentro del instituto. Estas unidades se han diseñado en función de las actividades, proyección e infraestructura de los grupos de investigación proponentes y de las demandas de investigación y desarrollo dentro de los programas autonómicos, nacionales y europeos en el marco de la nanotecnología y el de desarrollo de materiales. Las unidades propuestas para el IMANA son:



**Figura 2.** Unidades propuestas para el Instituto de Materiales y Nanotecnología.

A continuación, se presentan brevemente las unidades que compondrán el IMANA:

## 1. Superficies e Interfases (UFILM)

Es bien conocido que las propiedades macroscópicas de un material dependen en gran medida de su superficie (composición química, estructura cristalina, rugosidad, entre otras) debido a que la interacción con su medio es a través de esa superficie y este hecho condiciona fuertemente las posibles aplicaciones que se pueden o pretenden obtener de un material. Por suerte es posible modificar las propiedades de las superficies mediante diversas técnicas en función de las aplicaciones de ese material; así podemos modificar sus propiedades mecánicas, ópticas o eléctricas con diversas técnicas, más o menos, complejas. Dentro de estas posibilidades está el crecimiento de capas delgadas, a nivel nanométrico, que dotan al material de nuevas propiedades que posibilitan diversas aplicaciones.

En muchos casos los materiales están compuestos por otros materiales de distinta composición química o morfología dando lugar a fronteras internas que pueden dar lugar a tensiones no compensadas entre los átomos próximos a un lado y otro de la capa límite que pueden generar diversas inestabilidades o la aparición de propiedades deseadas o no.

Esta unidad se centrará en el desarrollo de capas delgadas para modificar las propiedades de superficies buscando funcionalizarlas para mejorar sus propiedades mecánicas, ópticas o eléctricas para el desarrollo de dispositivos. Para ello se utilizarán diversos métodos de crecimiento de capas tanto métodos físicos como PVD (physical vapor deposition), pulverización catódica o químicos como CVD, (chemical vapor deposition), spray pirolisis, dip coating, spin coating, o electrodeposición entre otros. También se prestará especial atención a la caracterización de las superficies e interfaces por diversos métodos espectroscópicos como XPS, LIBS, SEM-FIB, TEM, EDX, EDS, XDR, entre otros.

## 2. Nanoestructuras y Nanopartículas (UNEP)

Los Materiales Nanoestructurados (NsM) son materiales con una estructura cuya escala de longitud característica es del orden de unos pocos (típicamente 1-10) nanómetros. Los NsM pueden estar dentro o lejos del equilibrio termodinámico. Los NsM sintetizados por la química supramolecular son ejemplos de NsM en equilibrio termodinámico. Los NsM formados por cristalitas de tamaño nanométrico (por ejemplo, de Au o NaCl) con diferentes orientaciones cristalográficas y/o composiciones químicas están muy lejos del equilibrio termodinámico. Las propiedades de los NsM se desvían de las de los monocristales (o policristales de grano grueso) y/o vidrios con la misma composición química media. Esta desviación se debe al reducido tamaño y/o dimensionalidad de los cristalitas de tamaño nanométrico, así como a las numerosas interfaces entre cristalitas adyacentes. La síntesis de materiales y/o dispositivos con nuevas propiedades mediante la manipulación controlada de su estructura a nivel nanométricos se ha convertido en un campo interdisciplinar emergente basado en la física del estado sólido, la química, la biología y la ciencia de los materiales. Ejemplo de estos materiales son materiales y/o dispositivos con dimensiones y/o dimensionalidad reducida en forma de partículas de tamaño nanométrico (aisladas, soportadas por el sustrato o incrustadas), alambres finos o películas finas. Ejemplos conocidos de aplicaciones tecnológicas de materiales cuyas propiedades dependen de este tipo de nanoestructura son los catalizadores y los dispositivos semiconductores que utilizan estructuras de pozos cuánticos. Otro tipo de estos materiales son materiales y/o dispositivos en los que la nanoestructura se limita a una región superficial fina (de tamaño nanométrico) de un material.

Las nanopartículas (NPs) son materiales con tamaños que van de 1 a unos 100 nm. Pueden clasificarse en diferentes clases en función de sus propiedades, formas o tamaños. Los diferentes grupos incluyen los fullerenos, las NPs metálicas, las NPs cerámicas y las NPs poliméricas. Las NPs poseen propiedades físicas y químicas únicas debido a su elevada superficie y a su tamaño a nanoescala. Sus propiedades ópticas dependen del tamaño, lo que les confiere diferentes colores debido a la absorción en la región visible. Su reactividad, dureza y otras propiedades también dependen de su tamaño, forma y estructura únicos. Debido a estas características, son candidatos adecuados para diversas aplicaciones comerciales y domésticas, que incluyen la catálisis, la obtención de imágenes, las aplicaciones médicas, la



investigación basada en la energía y las aplicaciones medioambientales. Las NPs de metales pesados como el plomo, el mercurio y el estaño son tan rígidas y estables que su degradación no es fácil de conseguir, lo que puede dar lugar a muchas toxicidades medioambientales. Sin embargo, las NPs poliméricas basadas en materiales biodegradables y biocompatibles representan, en el campo de la oncología, uno de los sistemas de liberación de fármacos más prometedores. Por otra parte, Nanosportes funcionalizados metal-orgánico que pueden ser empleados como soporte biocompatible, sistema de protección y estabilización y transporte-entrega de moléculas biogénicas como siRNA; para el desarrollo de sistemas híbridos avanzados enfocado hacia nuevas estrategias en terapia génica combinadas en bioingeniería y biomedicina.

### 3. Materiales Orgánicos y Moleculares (UMOM)

Los materiales orgánicos se caracterizan por ser materiales sostenibles y respetuosos con el medio ambiente, además de presentar gran versatilidad al permitir la modulación a la carta de sus propiedades ópticas, electrónicas y moleculares mediante síntesis química.

En la actualidad, se sabe que la mejora en el entendimiento de la tecnología emergente basada en materiales orgánicos es crucial de cara a obtener dispositivos electrónicos más eficientes, sostenibles y que permitan bajar los costes de producción. No obstante, cada síntesis de un nuevo material plantea una tarea muy tediosa que requiere de estudios extensivos para comprender las relaciones estructura-propiedad de dicho material.

El principal objetivo de esta unidad es llevar a cabo exhaustivos estudios químico-físicos de materiales orgánicos y moleculares, tanto a nivel intermolecular como intramolecular, con el fin de encontrar pautas estructurales en materiales de alta eficiencia en electrónica, optoelectrónica y fotónica orgánica. Para ello, se usará una aproximación experimental-teórica (bottom-up) con el fin de encontrar la correlación entre las propiedades estructurales, ópticas y electrónicas de los semiconductores a estudio con la movilidad electrónica en transistores de efecto campo (OFETs), eficiencia en diodos o transistores emisores de luz orgánicos (OLEDs y OLETs), eficiencia en células solares o nivel de detección en sensores, con el fin de racionalizar el funcionamiento de estos dispositivos. Esta aproximación experimental-teórica proveerá de relaciones claras y directas estructura/propiedad, que permitan, a su vez, el diseño guiado de nuevos materiales moleculares con prestaciones mejoradas en el ámbito de las energías alternativas, así como en dispositivos electrónicos y sensores químicos de naturaleza orgánica. Para abordar esta línea de investigación se usará una gran variedad de técnicas de caracterización experimentales y teóricas. Entre las técnicas experimentales, destacan métodos espectroscópicos (tanto electrónicos como vibracionales, IR y Raman), métodos electroquímicos, espectroelectroquímicos, espectroscopias de dicroísmo circular, así como el estudio de las propiedades de transporte mediante la fabricación y caracterización de transistores de efecto de campo. Asimismo, se aplicarán métodos químico-cuánticos para la interpretación teórica de las propiedades optoelectrónicas y de transporte de carga de los materiales orgánicos, así como para predecir relaciones estructura/propiedad.

### 4. Materiales Funcionalizados, Catalizadores y Catálisis (UFCA)

En los últimos años, debido al rápido avance de la tecnología, la preparación de nuevos materiales a escala nanométrica con propiedades especiales se ha convertido en un campo de investigación floreciente en la ciencia de materiales. Sus propiedades fisicoquímicas únicas inducidas por varios parámetros, como el tamaño, la forma, la pureza, la estructura cristalina y su superficie, pueden generar soluciones efectivas para los problemas medioambientales, en medicina, etc. Como resultado de este enfoque se han desarrollado una gran cantidad de técnicas que permiten obtener materiales novedosos a escala nanométrica con propiedades específicas y reproducibles. En este sentido, se están realizando grandes esfuerzos en el desarrollo de catalizadores para la producción de combustibles y hacia la producción de productos químicos no basados en el petróleo. La conversión de energía electroquímica es otra área de investigación específica que cubre una serie de áreas tecnológicas: materiales de ánodos para baterías de iones de litio, catalizadores y membranas de electrolitos poliméricos para pilas de combustible.

Dentro de estos materiales, los derivados del carbón muestran gran potencial debido a sus propiedades, ya conocidas, como excelente conductividad electrónica, microestructura ajustable, gran área superficial (susceptible de funcionalización) y buena estabilidad. Desde su descubrimiento en 2004, el grafeno ha suscitado un gran interés científico debido a su único plano atómico de grafito, su estructura en forma de nido de abeja, gran área superficial y notables propiedades físicas. Su área teórica superficial es de 2.630 m<sup>2</sup>/g, lo que sugiere una alta capacidad de adsorción. En comparación con los nanotubos de carbono, el grafeno tiene la perfecta nanoestructura híbrida sp<sup>2</sup> del carbono, una mayor superficie específica y puede ser obtenido fácilmente a partir de grafito natural. El grafeno y sus materiales compuestos poseen muchas propiedades únicas que les otorgan un alto potencial para ser utilizados como materiales de energía limpia con el fin de frenar la contaminación ambiental y facilitar el desarrollo sostenible de nuestra humanidad. Biomasa y moléculas biológicas ricas en carbono son prometedores candidatos para la preparación de materiales de carbón 2D debido a su abundancia, renovabilidad, no-toxicidad y bajo coste.

La unidad se centraría en el diseño flexible de catalizadores y la funcionalización de nuevos nanomateriales, tanto en sus aspectos físicos, químicos y con potencial aplicabilidad en química medioambiental, dispositivos electroquímicos como electrodos, pilas, baterías o celdas biocombustibles que sean de interés para los sectores relativos a la gestión medioambiental y energético, además del agroalimentario y cualquier otro que precise del desarrollo de catalizadores y materiales funcionalizados. De esta forma, se atenderá también al estudio de nuevas metodologías analíticas que permitan llevar a cabo una adecuada caracterización de los distintos tipos de catalizadores y materiales funcionalizados desarrollados para su mejor conocimiento.

## 5. Materiales Estructurales (UMES)

El sector de la construcción, junto con el transporte público, son los sectores con mayor potencial de ahorro en emisiones de CO<sub>2</sub> para alcanzar el objetivo establecido por la UE de una reducción del 30% en su consumo anual de energía primaria para 2030. Sólo la producción de cemento Portland, material más empleado en la preparación de hormigones y uno de los productos más manufacturados del mundo, es responsable del 8% del total de las emisiones antropogénicas de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Por ello, transformar la manera tradicional de producción del cemento para tener materiales con menor huella de carbono que al mismo tiempo se obtengan con procesos más sostenibles y respetuosos con el medioambiente es hoy en día uno de los desafíos más importantes de nuestra sociedad.

La nanotecnología ofrece numerosas oportunidades para crear materiales estructurales con propiedades mejoradas para su uso en campos de aplicación tan diversos como la construcción, la electrónica, la cosmética o la medicina. En este sentido, las ventajas de utilizar nanopartículas en la construcción son inmensas ya que pueden otorgar propiedades físicas y químicas extraordinarias a los materiales modificados. También se pueden utilizar nanopartículas para acelerar los procesos de hidratación y por tanto poder utilizar, con prestaciones competitivas, cementos con mucha menor huella de carbono pero que en circunstancias normales tienen cinéticas de hidratación muy lentas (lo que resulta en resistencias mecánicas bajas en la primera semana de puesta en obra). Entre los muchos tipos diferentes de nanopartículas utilizadas en el sector de la construcción cabe citar el dióxido de titanio, geles de silicatos cálcicos hidratados, los nanotubos de carbono, la sílice, minerales de arcilla calcinados, óxido de aluminio. Además, el reciclado de productos de demolición de hormigones y otros desechos industriales en la producción de nuevos materiales cementantes favorecerá el desarrollo de una economía circular.

Esta unidad se centrará en la búsqueda de nuevas formulaciones de cementos usando materias primas, aditivos y adiciones más sostenibles y que contribuyan a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>. Así mismo se pretende mejorar la durabilidad de los morteros y los hormigones, lo que permitirá generar menos residuos de demolición de la construcción disminuyendo las necesidades futuras de cemento. Se hará hincapié en el estudio de la influencia de los distintos tipos de adiciones, incluyendo nanopartículas, en las reacciones de hidratación, microestructura y propiedades reológicas, mecánicas y de durabilidad de los materiales resultantes.

## 6. Nanotecnología y Energía (UNTEN)

Desde el Acuerdo de París sobre el Cambio Climático en 2015 es prioritario abordar el cambio climático para limitar el calentamiento global a 2 °C por encima de los niveles preindustriales en 2060-2080. Para ello es necesario acelerar la descarbonización de las principales fuentes de energía, tanto de la red eléctrica como de la quema de combustibles fósiles utilizados para vehículos personales, transporte aéreo/terrestre/marítimo de larga distancia y/o en procesos industriales. Entre las rutas activas y prometedoras para lograr estos objetivos se encuentran el almacenamiento de energía, la captura y uso del CO<sub>2</sub> como materia prima para la síntesis de combustibles químicos sostenibles y el empleo de energía renovable.

El almacenamiento de energía es una ruta emergente para promover la descarbonización en los sectores de la electricidad y el transporte. Los vehículos eléctricos de pila de combustible de hidrógeno y los vehículos eléctricos de batería pueden resolver los problemas de consumo de combustibles fósiles y de emisiones de CO<sub>2</sub> de estos. Las baterías de ion litio lideran el esfuerzo de los vehículos eléctricos, pero su costo relativamente alto, su corta vida útil y sus largos tiempos de carga pueden impedirles capturar el mercado masivo y conseguir una descarbonización completa del transporte personal. Por otra parte, el vehículo eléctrico de pila de combustible ya ofrece la misma autonomía de conducción que los coches de gasolina. Los trabajos en curso sobre el almacenamiento de hidrógeno incluyen materiales de hidruros de metal en los que los materiales nano y microestructurados juegan un papel importante. Además, la producción de combustible de hidrocarburos a partir de CO<sub>2</sub> y agua en las últimas décadas pueden contribuir significativamente a la descarbonización en el transporte comercial y de usos industriales.

En el campo de las energías renovables es clave el uso de tecnologías de conversión de energía tales como las pilas de combustible, dispositivos electroquímicos capaces de generar electricidad de manera más eficiente y menos contaminante al usar hidrógeno de alta pureza como combustible. Además, las pilas de combustibles pueden operar de manera inversa, es decir, en forma de electrolizador para producir hidrógeno a partir de agua y electricidad. Por este motivo, la combinación de energías renovables y pilas de combustibles se considera como una de las opciones más eficientes para generar y almacenar energía eléctrica.

En el caso de las células solares fotovoltaicas y en los foto-condensadores y súper-condensadores son altamente prometedores el uso de materiales y dispositivos micro y nanoestructurados de baja dimensión para aumentar la eficiencia de las células fotovoltaicas y el rendimiento de estas.

En todos estos campos, los nanomateriales son clave para alcanzar una alta eficiencia en celdas solares, en los foto-condensadores y súper-condensadores, pilas de combustible y baterías, así como en aplicaciones innovadoras que requieren la electrolisis del agua. Esta unidad se centrará en el desarrollo de nuevos materiales y procesos novedosos que permitan una conversión y almacenamiento de energía de manera más eficiente y rentable. Se pretende obtener nuevos conductores iónicos/protónicos y materiales de electrodos, tanto a partir de óxidos cerámicos como de polímeros de coordinación, para pilas de combustibles (PEMCFs, PC-SOFCs, SOFCs) y electrolizadores (PEMcs, SOEs). En ellos, el control estructural y microestructural de los materiales de electrodos y de los electrolitos sólidos permitirá mejorar la eficiencia y reducir la temperatura de trabajo. Los materiales sintetizados se estudiarán en condiciones reales de operación (temperatura, alta/baja humedad, presencia de contaminantes en el gas de alimentación, etc.) de estos dispositivos y se analizarán sus rendimientos, durabilidad y comportamientos a largo plazo.

## 7. Nanobiotecnología (UBIOTEC)

El inmenso potencial de las aplicaciones de los nanomateriales como consecuencia de sus múltiples propiedades y su gran versatilidad los convierte en un foco de gran interés para investigadores de áreas del conocimiento tan diversas como la medicina, la electrónica, la ingeniería química, la biológica, la

ingeniería biomédica y la farmacología entre muchas otras. Es en especial la biología y la medicina las áreas de mayor impacto debido sobre todo a su aplicación directa y al enorme valor añadido que puede proporcionar los nanomateriales en su aplicación. La nanobiotecnología es la rama de la nanotecnología que estudia la aplicación de los nanomateriales en usos biológicos y bioquímicos. Las características únicas de los nanomateriales en este ámbito han permitido el desarrollo de tecnologías tales como sistemas de liberación controlada de moléculas biológicas para el tratamiento de enfermedades como el cáncer, Párkinson y Alzheimer, desarrollo de sistemas para la edición génica y fabricación de nanosensores para el monitoreo de diversos parámetros fisiológicos, que suponen avances de gran importancia en la forma en la cual se ejercen las ciencias médicas en la actualidad. Entre las principales herramientas de la nanobiotecnología se encuentran las nanopartículas, dendrímeros y nanotubos aunque los materiales híbridos, producidos por hibridación de proteínas, péptidos, ADN y otras biomoléculas con estos nanomateriales, a menudo presentan propiedades funcionales únicas y por tanto con aplicaciones únicas. Estas propiedades, como la biocompatibilidad, la estabilidad y la especificidad, dan lugar a la obtención de biomateriales llamados inteligentes. Estos avances proporcionan ideas para la investigación de materiales biomédicos biodegradables y altamente bioactivos. Los puntos críticos de investigación de la nanotecnología en los campos biomédicos son los materiales de liberación controlada de fármacos y los materiales portadores de terapia génica. El desarrollo de estos materiales como materiales de membrana con permeabilidad selectiva y modificación superficial podría mejorar el efecto terapéutico y reducir la dosis y los efectos secundarios de los fármacos. En el desarrollo de biosensores los materiales basados en grafeno han tenido un enorme desarrollo en los últimos años desde su descubrimiento en 2004. Las ventajas conferidas por las propiedades físicas, ópticas y electroquímicas de los nanomateriales basados en grafeno han contribuido a la variedad actual de dispositivos biosensores selectivos y ultrasensibles. La funcionalización de grafeno con heteroátomos, nanopartículas, biomoléculas (ADN, enzimas, proteínas, antígenos, anticuerpos y otras moléculas específicas) permite la creación de biosensores para urea, ADN, anticuerpos, etc. En estos sensores las interacciones de carga entre las biomoléculas y/o la plataforma de detección, así como el grado de la funcionalización de la superficie son fundamentales.

La amplia personalización en el diseño de nanopartículas de sílice funcionalizadas proporciona una amplia variedad de posibilidades para la carga y administración selectiva de medicamentos. Diferentes conjugados se han explotado con éxito en pruebas preclínicas, como rituximab, camptotecina, docetaxel, paclitaxel o doxorubicina, entre otros.

La pandemia originada por el virus SARS-COV 2 en 2020 ha supuesto un reto enorme a nivel mundial con graves consecuencias a nivel humano y económico. Este hecho ha puesto en manifiesto la necesidad de nuevas plataformas que permitan desarrollar en un tiempo corto soluciones biológicas a problemas sobrevenidos de forma inesperada o aquellos que son ya una realidad en el mundo actual. Es por ello que el desarrollo en el campo de los biomateriales y biomedicina puede ayudar a resolver estos problemas planteados. El campo de los biomateriales ha experimentado un espectacular avance en los últimos años con efectos apreciables en el aumento de la calidad y esperanza de vida con la mejora de las técnicas quirúrgicas, el éxito en la utilización de prótesis, implantes, sistemas y aparatos médicos que deben trabajar en contacto con los tejidos corporales. Es por ello que los biomateriales deben presentar las características de biocompatibilidad, nula toxicidad y carcinogenicidad al mismo tiempo que deben ser estables, con buena resistencia mecánica, densidad y peso, forma y tamaños adecuados. Desde un punto de vista práctico deben ser baratos, reproducibles y fáciles de fabricar. Todo esto hace que su obtención sea un reto continuo de búsqueda de nuevos materiales y aplicaciones.

La nanobiotecnología es un área de investigación tremendamente multidisciplinar y con alto carácter de aplicabilidad. Esta unidad dentro del esquema general del instituto pretende ser muy interdisciplinar al mismo tiempo que punto de contacto entre las diversas unidades restantes. La unidad U-BIOTEC se orientará al desarrollo y aplicaciones de la nanotecnología en el área de biotecnología. Principalmente en el desarrollo de productos Point-of-care testing (POCT) con aplicaciones farmacéuticas tanto nuevos materiales funcionales como biosensores para el nanodiagnóstico de biomoléculas así como bioensayos que permitan evaluar biocompatibilidad, genotoxicidad, citotoxicidad y estudios de captación.

### 1.2.3. Líneas de actuación del IMANA

- a) Establecer un instituto interdisciplinario para el intercambio de conocimientos y habilidades entre los investigadores universitarios que trabajan en todos los aspectos de la nanotecnología y los materiales avanzados;
- b) Proporcionar infraestructura habilitadora para la investigación fundamental y aplicada de nanomateriales multidisciplinares en ingeniería y ciencias;
- c) Permitir y facilitar el acceso a instrumentación de investigación avanzada por parte de investigadores universitarios y colaboradores industriales;
- d) Proporcionar una administración eficiente y centralizada de una importante infraestructura de investigación;
- e) Ofrecer servicios de consultoría y asesoramiento en desarrollo de tecnología y resolución de problemas industriales complejos;
- f) Mejorar la capacitación de habilidades y las oportunidades de investigación para estudiantes de pregrado, posgrado e investigadores postdoctorales;
- g) Facilitar la transferencia de conocimiento entre la academia y la industria/negocios para promover y comercializar la innovación a través de patentes y otras invenciones;
- h) Apoyar la creación de una base del conocimiento de la ciencia e ingeniería de materiales y nanotecnología identificando y actualizando las lagunas de conocimiento, y priorizar las necesidades a través de la participación activa de las partes interesadas, con participación de la industria, organizaciones y administraciones;
- i) Participar en iniciativas, incluidas aquellas destinadas a generar mejores prácticas y estándares y sostenibilidad en el desarrollo y explorar mecanismos para diseminar información sobre el estado de comprensión con aquellos aspectos relacionados y demandados de la ciencia e ingeniería de materiales y nanotecnología;
- j) Proporcionar una maestría multidisciplinaria de alta calidad y amplia en los campos establecidos y emergentes de la ciencia e ingeniería de materiales y nanotecnología;
- k) Proporcionar una especialización de alto nivel individual en una de las tres áreas principales de nanociencia y nanotecnología: nanomateriales y nanoquímica, nanoelectrónica y computación cuántica, nanobiotecnología y nanomedicina;
- l) Proporcionar la excelencia en la educación en un campo de importancia estratégica para Europa y en línea con las iniciativas europeas de I + D;
- m) Alimentar la colaboración europea existente en I + D y reforzar nuestros esfuerzos para una mayor integración europea;
- n) Mejorar el perfil y la visibilidad del Espacio Europeo de Educación Superior en el campo de la educación en Nanociencia y Nanotecnología.

### 1.2.4. Adecuación de las líneas a las prioridades de investigación

Los objetivos y las líneas de investigación propuestas en el IMANA responden a las prioridades marcadas por los planes de investigación de las instituciones públicas europeas, nacionales y autonómicas; en el marco de las prioridades políticas de la estrategia Europa 2020. Entre los objetivos también se incluye el de elevar el nivel de excelencia en la ciencia y tecnología y asegurar un flujo constante de investigación e investigadores de calidad para garantizar la competitividad a largo plazo. Con un decidido apoyo transversal a las personas con talento para llevar a cabo investigación puntera de alta calidad

basándose en el éxito del Instituto, promoviendo la investigación colaborativa en tecnologías de *Futuro y Emergentes* y como plataforma de acciones investigadoras y de transferencia con agrupación de recursos y conocimientos de diversos ámbitos y disciplinas.

Un componente importante del objetivo específico de las líneas de investigación es la del liderazgo en las tecnologías facilitadoras como la *nanotecnología, la nanobiotecnología y los materiales avanzados* y como líneas generales de las actividades de investigación se contemplan: i) el desarrollo de una próxima generación de nanomateriales, nanodispositivos y nanosistemas como productos a soluciones sostenibles. ii) La ampliación de las nanotecnologías en sectores estratégicos como salud, medioambiente, energía y biotecnologías de vanguardia como futuro motor de la innovación y procesos industriales basados en la biotecnología y de promoción de la investigación de biorrecursos con aplicaciones y propiedades optimizadas más allá de las alternativas convencionales como por ejemplo, dispositivos de diagnóstico. iii) La de síntesis y fabricación de nanomateriales, catalizadores, componentes y dispositivos. iv) El desarrollo de sistemas para innovación y escalables a nivel industrial a través de la ingeniería a nivel atómico y molecular avanzadas. También está en el espíritu del Instituto el incluir aquellas actividades que se integran en el concepto *desde la investigación hasta el mercado*, con un nuevo énfasis en aquellas actividades relacionadas con la innovación, como unidades piloto, demostración, bancos de pruebas con apoyo a la contratación pública y que desemboque en la asimilación por el mercado del sector industrial y creación de vínculos con las actividades de las cooperaciones en innovación.

*Se han analizado los Retos Tecnológicos, a los que el sistema nacional de ciencia y tecnología se enfrenta para poder cumplir con los grandes objetivos definidos en cada Área y se han identificado las principales necesidades de I+D+I en las que el Instituto puede tener encaje.*

a) Entre los Retos que proponen el Programa Horizonte 2020 y el Plan Nacional de I+D+i, entendidos como *“los problemas de la sociedad a los que las actividades de investigación científica y técnica fundamental a desarrollar pretenden dar respuesta”* los más relacionados con el Instituto IMANA son:

*Energía segura, limpia y eficiente*, es la tercera prioridad temática de los Retos Sociales planteados en Horizonte 2020 y el objetivo principal realizar la transición a un sistema energético fiable, asequible, que goce de aceptación pública, sostenible y competitivo, con el propósito de reducir la dependencia respecto de los combustibles fósiles en un contexto de creciente escasez de recursos, aumento de las necesidades de energía y cambio climático. Las líneas de actuación de interés prioritario están centradas en las acciones de generación de nuevos conocimientos y tecnologías, combustibles alternativos y fuentes de energía móviles y procesos de baja emisión de carbono, además de procesos de secuestro y utilización del CO<sub>2</sub>.

En el conjunto de Retos tiene especial relevancia la investigación científico-técnica y el desarrollo tecnológico asociados al modelo de transición energética, nuevos biocarburantes y tecnologías. En este Reto 2 se incluyen también actividades transversales orientadas al Reto 5 sobre *Cambio climático, Medioambiente y utilización de recursos naturales*.

*Transporte Inteligente, ecológico e integrado*. Dentro de los objetivos planea la descarbonización de los combustibles y la reducción del impacto ambiental por medio de mejoras tecnológicas selectivas. Así la investigación y la innovación estarían orientadas al desarrollo y adopción de las soluciones necesarias para el abatimiento de las emisiones procedentes del sector del transporte, la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles y la conservación de los recursos naturales. Parte estaría dirigida al almacenamiento y suministro de energía, el abastecimiento de energía, la infraestructura de alimentación de combustible y de carga, y soluciones innovadoras para el uso de combustibles alternativos. Además de lo concerniente a propuestas y proyectos basados en diseños estructurales y aplicación en motores eléctricos y baterías, pilas de hidrógeno y de combustible, motores de gas y arquitecturas y tecnologías avanzadas de motores o propulsión híbrida. Los avances tecnológicos significativos también ayudarán a mejorar el impacto ambiental de los sistemas de propulsión tradicionales y los nuevos.

En el Reto sobre *Cambio climático, Medioambiente y utilización de recursos naturales*. En particular, con relación a las siguientes áreas de interés prioritario como la investigación sobre desarrollos de estrategias de mitigación y adaptación sostenibles, que se centren en el CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, aerosoles y nanopartículas con prioridad a soluciones tecnológicas, así como en oportunidades y nuevos retos de los nanomateriales, mejora de la calidad del aire, suelo y las aguas e impacto sobre la salud.

b) En la Estrategia Tecnológica Española de *Materiales Avanzados y Nanomateriales*, que es un documento dinámico de estrategia global, multisectorial y alineado con los grandes retos actuales del tejido industrial español, que pretende ser un trabajo que sirva tanto de posicionamiento de la Plataforma a nivel nacional e internacional como de referencia para la administración pública en el diseño de políticas de apoyo al I+D+i y consultas de iniciativas europeas, se recoge la necesidad de potenciar la importancia de los materiales como motor de innovación, hacia una economía competitiva y sostenible. Entre los principales Retos de la Sociedad en los que el I+D en materiales es de gran importancia para la industria española destacan: Transporte, Salud, Energía, Materias Primas y Ciudades Inteligentes. La finalidad de este Instituto será el estudio e investigación de nuevos materiales avanzados y nanomateriales que ayuden a seguir avanzando en cada uno de estos retos de la sociedad actual.

c) Asimismo, en la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2021-2027 se establecen una serie de líneas estratégicas para priorizar y dar respuesta a los desafíos de los sectores estratégicos nacionales a través de la I+D+i, entre las que se engloban Salud (línea 1), Mundo digital, Industria, Espacio y Defensa (línea 4), y Clima, Energía y Movilidad (línea 5). En ellas, la creación y aplicación de nuevos materiales va a tener una relevancia muy significativa. Por ejemplo, serán ámbitos de actuación en Salud los nuevos materiales biomédicos, sensores y nanotecnología aplicada a la biomedicina. En el caso del mundo digital, industria y defensa, la aplicación de nanoelectrónica y materiales inteligentes será determinante para fotónica y electrónica, y la creación de materiales avanzados y nuevas técnicas de fabricación será crucial para la aplicación del hidrógeno (renovable) en la industria, entre otros. Por último, con relación al cambio climático, energía y movilidad, la obtención de nuevos materiales para generación y sistemas de almacenamiento de energía, así como la catálisis para combustibles más eficientes y la creación de nuevos materiales para construcción compatible con la protección del medio ambiente jugarán un papel fundamental.

d) Respecto al Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI) 2020, el instituto IMANA contribuirá significativamente al avance de las líneas estratégicas de la I+D+i en materia de medioambiente, agua y territorio de Andalucía, en materia de salud, innovación, industria, energía, minas, empleo y comercio, así como en materia de vivienda, logística, transportes, movilidad e infraestructuras del transporte. En concreto, en el IMANA se abordarán proyectos para el desarrollo de materiales compatibles para el desarrollo sostenible, así como en el fomento y desarrollo de energías renovables. Además, el instituto impulsará tecnologías facilitadoras esenciales (KET), como la nanotecnología o los materiales avanzados, concepto básico dentro de H2020.

Para ello, la creación y la actividad del instituto formarán parte de los siguientes medios previstos en el PAIDI:

- La creación de nuevas y mejoradas infraestructuras que respondan a las necesidades estratégicas.
- La ayuda a la toma de decisiones del sector público y privado, y el asesoramiento y acompañamiento en el emprendimiento.

e) Asimismo, la actividad del instituto IMANA se alinea con actuaciones sectoriales en materia de I+D+i propuestas en programas, estrategias y otros marcos establecidos por la *Consejería Conocimiento, Innovación y Universidad*. En concreto dentro del marco regional de la planificación de la I+D+i en materia.

f) Por otra parte, la actividad del instituto IMANA está vinculado al Pilar II del Programa Marco Horizon Europe sobre Desafíos Globales y Competitividad Industrial Europea, así como a los clústeres de "Salud", "Seguridad civil para la sociedad", "Industria digital y espacio", "Clima, energía y movilidad" y "Alimentación, bioeconomía, recursos naturales, agricultura y medioambiente". En particular, en materia de clima y energía para 2030, el marco de actuación de la Unión Europea fija objetivos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero e incrementar la cuota de energías renovables y la eficiencia energética, con el fin de integrar los mercados europeos de la energía, garantizar la seguridad energética, mejorar la eficiencia energética y descarbonizar la economía. Estos son los objetivos centrales del instituto IMANA.

g) A su vez, está también fuertemente alineada con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas (SDG): "Energía asequible y no contaminante", "Industria, Innovación e Infraestructura", "Ciudades y comunidades sostenibles" y "Acción por el clima".

h) El Programa Compacto Global de las Naciones Unidas (<https://www.unglobalcompact.org>) promueve las buenas prácticas de empresas y centros de investigación apoyándose en diez principios derivados entre otros de la Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo, Declaración de principios y derechos fundamentales del trabajo, Declaración Universal de Derechos humanos y Convención de Naciones Unidas contra la corrupción. De los 10 principios, tres tratan sobre Medio ambiente y concretamente establecen que la economía debe basarse en el principio de preocupación respecto a los retos ambientales, en tomar iniciativas que promuevan una mayor responsabilidad ambiental y por último en desarrollar y difundir tecnologías amigables con el Medio Ambiente. El programa "Compacto global de las Naciones Unidas" promueve la incorporación de empresas e instituciones públicas de investigación, entre ellas las Universidades, para contribuir a abordar los retos ambientales con una aproximación transdisciplinar de relación integrada en ciencia, tecnología y sociedad. La organización OSEGS (Organización para la Ciencia, Educación y Sociedad Global, <http://osegs.org>) forma parte como organización no gubernamental de "UN Global compact" promoviendo proyectos de investigación en los que convergen medio ambiente, sociedad y tecnología, y ofrecen educación virtual para estudiantes de todas las edades, para proveerles de una visión holística, accesible y practicable sobre temas medio ambientales, sociales y tecnológicos. Los objetivos del IMANA son coincidentes con los del programa de OSEGS por lo que se prevén sinergias muy positivas entre ambos en un futuro.

i) Cabe destacar que algunas acciones COST de la UE aprobadas este último año 2021 abordan cuestiones relacionadas con las temáticas objeto de desarrollo y atención en el IMANA. Entre ellas destacan: "European Network for Innovative and Advanced Epitaxy" o "Waste biorefinery technologies for accelerating sustainable energy processes".

### 1.3. Justificación de su creación y actividades previas que integran su núcleo

#### 1.3.1. Justificación de la creación del IMANA

La Ciencia de los materiales es el campo científico encargado de investigar la relación entre la estructura y las propiedades de los materiales. Paralelamente, conviene matizar que la ingeniería de materiales se fundamenta en estas relaciones propiedades-estructura-procesamiento-funcionamiento y diseña o proyecta estructuras posibles del material para conseguir un conjunto predeterminado de propiedades. Se cuenta con una gran diversidad de materiales, desde metálicos a poliméricos, pasando por aquellos considerados "biológicos". A su vez, la nanotecnología es uno de los conceptos que más han estado en boga en los últimos años, pudiendo significar un nuevo avance en diversas áreas: medicina, biología, construcción y electrónica, entre otras.

El desarrollo pretende dar respuesta a los importantes desafíos económicos y ambientales, presentes y futuros de nuestro planeta, de esta forma, la investigación en nuevos materiales y nanotecnología



interrelaciona temas tan diferentes como son su aplicación al ahorro energético y la producción de energía renovable, el reciclado de materiales derivados de su extracción de los residuos generados, siendo considerados como materiales secundarios; electrónica, tecnologías de la información y comunicaciones, salud, agricultura y alimentación; desarrollo de sistemas de detección de contaminación ambiental y desarrollo de sensores, y, finalmente al cambio de paradigma que constituye la síntesis de nuevos materiales considerados ecológicos y multifuncionales que desplacen aquellos convencionales que presentan superior huella de carbono. La nanotecnología es transversal, no obstante, el uso de nanomateriales también plantea problemas de seguridad, que deben abordarse en un contexto normativo a escala europea.

En este contexto, el instituto IMANA pretende ser un instrumento transdisciplinar de la administración pública, en el que se aglutinen los conocimientos que sólo puede aportar una Universidad en su conjunto - abarcando áreas de Ciencias, Química, Física, Biología e Ingeniería, de forma que se generen sinergias de todo tipo, que permitan el avance en Nanotecnología y Materiales en Andalucía. El eje principal del Instituto es la Nanotecnología como convergencia tecnológica para afrontar los retos en **Energía, Salud y Cambio Climático**, que puedan contribuir al desarrollo de una **Economía Circular**. Por tanto, es urgente apoyar desde ya esta transformación integral hacia la que avanza nuestra economía. El IMANA sería un centro de dinamización de proyectos de base tecnológica, que situaría a Málaga en la vanguardia de Andalucía, España e incluso a nivel europeo.

En concreto, el IMANA se fundamenta en estos cuatro *pilares*: nanomateriales, nanoquímica, nanoenergía y nanobiotecnología.

- Los **Nanomateriales** son sustancias químicas o materiales cuyas partículas tienen un tamaño de entre 1 y 100 nanómetros (nm) en al menos una dimensión. Debido a un incremento de la superficie específica por unidad de volumen, los nanomateriales pueden poseer características distintas de las del mismo material sin características correspondientes a la nanoescala. Por lo tanto, las propiedades fisicoquímicas de los nanomateriales pueden diferir de las de las sustancias a granel o de las partículas de mayor tamaño.

Muchos productos de uso cotidiano que contienen nanomateriales ya están en el mercado europeo, como las baterías, los recubrimientos, las prendas antibacterianas y los cosméticos. Aunque los nanomateriales ofrecen oportunidades técnicas y comerciales, también pueden presentar riesgos para nuestra salud y el medio ambiente. Al igual que cualquier otra sustancia en el mercado de la UE, es importante garantizar que sus usos se evalúen correctamente y que los riesgos estén controlados de forma adecuada. Las aplicaciones actuales de los materiales a nanoescala incluyen revestimientos muy finos utilizados, por ejemplo, en electrónica y superficies activas (por ejemplo, ventanas auto-limpias).

En la mayoría de las aplicaciones, los componentes a nanoescala están fijados o incrustados, pero en algunos, como los utilizados en cosméticos y en algunas aplicaciones piloto de remediación ambiental, se utilizan nanopartículas libres.

La capacidad de mecanizar materiales con una precisión y exactitud muy superiores a los 100 nm genera beneficios considerables en una amplia gama de sectores industriales, por ejemplo, en la producción de componentes para las tecnologías de la información, la comunicación, automoción y aeroespacial.

- Bajo el término de **Nanoquímica**, se engloban todas aquellas actividades de la Nanociencia y la Nanotecnología que poseen en común la utilización de las aproximaciones y las herramientas tradicionales de la Química para crear, desarrollar y estudiar objetos que presenten propiedades útiles debido a sus dimensiones nanoscópicas. Es precisamente en esta área en donde se encuadra una de las aproximaciones más importantes de la Nanotecnología como es la aproximación ascendente ("bottom-up approach") que tiene como objetivo organizar la materia a escala nanoscópica a partir de átomos o moléculas con el fin de conseguir con ellos nuevas propiedades y aplicaciones. Dado el carácter horizontal de la Nanoquímica se prevé que esta disciplina tendrá una influencia muy notable en los siguientes sectores socio-económicos: a) Energía, b) Tecnologías de la Comunicación e

Información, c) Salud y Cuidados Personales, d) Calidad de Vida, e) Seguridad y Protección Ciudadana y f) Transporte. Entre los avances más destacados conseguidos hasta la fecha cabe mencionar la fabricación de polímeros especiales, de nano-reforzantes para materiales compuestos, de pigmentos y colorantes, de nuevos componentes para baterías y celdas de combustible y de nuevos catalizadores y sensores

- A medida que la demanda mundial de energía sigue creciendo, el desarrollo de tecnologías más eficientes y sostenibles para generar y almacenar energía es cada vez más importante, en este contexto, se puede hablar del término **Nanoenergía**. La nanotecnología, un campo relativamente nuevo de la ciencia y la ingeniería, se ha mostrado prometedor para tener un impacto significativo en la industria energética.

En los campos de la ciencia y la ingeniería se están comenzando a desarrollar formas de utilizar la nanotecnología para el desarrollo de productos de consumo. Los beneficios ya observados del diseño de estos productos son una mayor eficiencia de iluminación y calefacción, una mayor capacidad de almacenamiento eléctrico y una disminución en la cantidad de contaminación por el uso de energía. Beneficios como estos hacen que la inversión de capital en la investigación y el desarrollo de la nanotecnología sea una prioridad absoluta.

- La **Nanobiotecnología**, convergencia entre la Nanotecnología y la Biotecnología, es la rama de la Nanotecnología que se perfila como la de mayor impacto en un futuro próximo debido a sus importantes aplicaciones, especialmente, diagnósticas y terapéuticas. La detección temprana de enfermedades (como el cáncer), su tratamiento precoz a nivel personalizado y el posterior seguimiento de su evolución serán posibles en los próximos años gracias a la aplicación de las herramientas nanobiotecnológicas que se están actualmente desarrollando. Los avances en estos campos podrían dar lugar a nuevos sistemas de diagnóstico y terapéuticos de mayor eficacia que los existentes, lo que redundaría en una mayor calidad de vida para los ciudadanos.

### 1.3.2. Estrategia transversal central. Materiales y nanotecnología para la economía circular

Un campo actual de batalla en la economía de las sociedades desarrolladas es la búsqueda de un equilibrio entre la actividad humana y el ecosistema donde se desarrolla esa actividad. De esta búsqueda han surgido conceptos como **sostenibilidad y neutralidad climática**, que tienden a aplicarse a muchos aspectos de la vida de los seres humanos, de tal forma, que la actividad humana se desarrolle en equilibrio entre la sostenibilidad medioambiental, económica y social. El concepto actual de sostenibilidad aparece por primera vez en el Informe Brundtland publicado para Naciones Unidas en 1987. Este informe tenía como título "Nuestro futuro común" que ya incide en las implicaciones futuras de nuestros actos como sociedad en las generaciones venideras. El documento alertaba por primera vez sobre las consecuencias medioambientales negativas del desarrollo económico y la globalización basadas en tres pilares fundamentales: la protección medioambiental, el desarrollo social y el crecimiento económico. La sostenibilidad asume que la naturaleza y el medio ambiente, como fuente de recursos no infinitos, necesita una protección y uso racional para su conservación, tanto para las generaciones actuales como las futuras. Sin embargo, la sostenibilidad también conlleva un aspecto social que busca la cohesión entre comunidades para alcanzar niveles justos en la calidad de vida y educación de los individuos. Por eso, la sostenibilidad ambiental, la sostenibilidad social y la sostenibilidad económica están estrechamente interconectadas. Muchos de los retos a los que se enfrenta el ser humano, tales como el cambio climático o la escasez de agua, sólo se pueden resolver desde una perspectiva global y promoviendo el desarrollo sostenible. **La economía circular intenta desvincular el crecimiento económico necesario para el bienestar humano del consumo de recursos no renovables y del deterioro ambiental**. Es por tanto un campo todavía por explorar donde la innovación entendida como la búsqueda de nuevos o mejorados usos a los recursos de que ya disponemos o dispondremos, es una poderosa herramienta.

Los **Objetivos del Desarrollo Sostenible** representan la estrategia primordial del ser humano para poder garantizar su futuro, y la Ciencia y la Tecnología son dos de las herramientas indispensables que

pueden ayudar a alcanzar dichos objetivos. La Nanotecnología, jugará un papel clave en esa estrategia junto con otras ramas del saber y el conectar el conocimiento con las soluciones y estrategias necesarias para lograr la supervivencia de la especie humana en un adecuado equilibrio con la naturaleza de la que forma parte. El enfoque transdisciplinar del IMANA que integra Ciencias, Tecnología y Sociedad es a través del binomio *Crecimiento Sostenible-Economía Circular*, dentro de que los objetivos propios del Instituto son la investigación aplicada, la docencia-formación, el desarrollo y la transferencia de conocimiento.

La agenda de investigación se centra cada vez más en abordar dos cuestiones clave relacionadas con la sostenibilidad: *¿Puede la nanotecnología ayudar a abordar los desafíos de mejorar la sostenibilidad global en energía, agua, alimentos, vivienda, transporte, atención médica y empleo? ¿Se puede desarrollar la nanotecnología de manera sostenible con los máximos beneficios sociales y el mínimo impacto en el medio ambiente y el clima global?* En este Instituto se aúnan experiencias anteriores y proporcionará una perspectiva del estado del arte para Investigadores y Científicos, Estudiantes y sector empresarial con intereses, permitiendo centrar la atención en los problemas transversales asociados con el desarrollo y la implementación de soluciones y estrategias basadas en nanotecnología y materiales para los desafíos sociales como la demanda de productos básicos y productos terminados y servicios, y abordar los desafíos globales como el suministro y calidad del agua, energía, la gestión y control de gases de efecto invernadero, el desarrollo de nuevos materiales en aplicaciones disruptivas y la sostenibilidad en los procesos de fabricación y producción.

En los últimos años, los **materiales avanzados y la nanotecnología han permitido diseños sostenibles para una economía circular**, consiguiendo un mayor protagonismo en el sector productivo, con un peso cada vez mayor en la economía nacional. La búsqueda continua de materiales de alto rendimiento en términos de peso, resistencia, flexibilidad, que tengan propiedades especiales como la autorreparación y que realicen múltiples funciones para reemplazar los materiales en uso para nuevas aplicaciones, han cambiado el panorama de los materiales deseables. Los avances en la ciencia y la tecnología de los materiales han ofrecido a los diseñadores una amplia gama de materiales más ecológicos para una multitud de aplicaciones. Después del desarrollo científico, a nivel de laboratorio, la nanotecnología ha conseguido consolidar un cuerpo de conocimientos amplio y sólido. Los logros y avances tecnológicos iniciados en gran medida desde las Universidades y el mundo académico en general han pasado al mercado proporcionando productos con un alto valor añadido. Este es un campo altamente innovador ya que la propia nanotecnología explora campos de aplicación de tamaño nanométricos ignotos hasta su desarrollo. Es una idea extendida en la comunidad científica el papel protagonista que tendrá la Nanotecnología en la próxima generación de innovación en sectores tan diversos como la medicina, la producción y almacenamiento de energía, la biología, la química y la tecnología aeroespacial entre otros.

Los nuevos y ecológicos materiales y la nanotecnología se están empleando en procesos de tratamiento de residuos sólidos industriales para mejorar la tasa de extracción de materiales, el tratamiento de aguas residuales, diseños de edificios más ecológicos, agricultura, producción y almacenamiento de energía limpia, extracción de materias primas secundarias, y otras aplicaciones para reemplazar materiales convencionales con una mayor huella ecológica, facilitando la economía circular. Las aplicaciones de la nanotecnología en la **gestión ambiental y la conservación de recursos** son más ventajosas que las técnicas convencionales. La nanotecnología se utiliza para monitorear y detectar componentes ambientales en aire y agua, remediación y tratamiento de agua contaminada con metales pesados, pesticidas, compuestos orgánicos, filtración de aire y tratamiento del suelo.

Los nuevos materiales basados en la nanotecnología tienen amplias **aplicaciones en el ahorro de energía** en varios aspectos, como materiales superaislantes para el control de la temperatura, materiales más ligeros y resistentes para automóviles, dispositivos de iluminación eficientes y pilas de combustible, y también tienen un potencial prometedor para la **producción de energía renovable** como en el caso de la energía fotovoltaica basada en materiales nanoestructurados.<sup>3</sup> Estos materiales son clave para alcanzar altas eficiencia en celdas solares, celdas de combustible y baterías, así como en aplicaciones innovadoras que requieren la división del agua. La nanotecnología puede impulsar la

circularidad al proporcionar una mejor calidad de aire y agua y al mantener los recursos hídricos en un circuito cerrado junto con la conservación de energía y la producción de energía renovable.

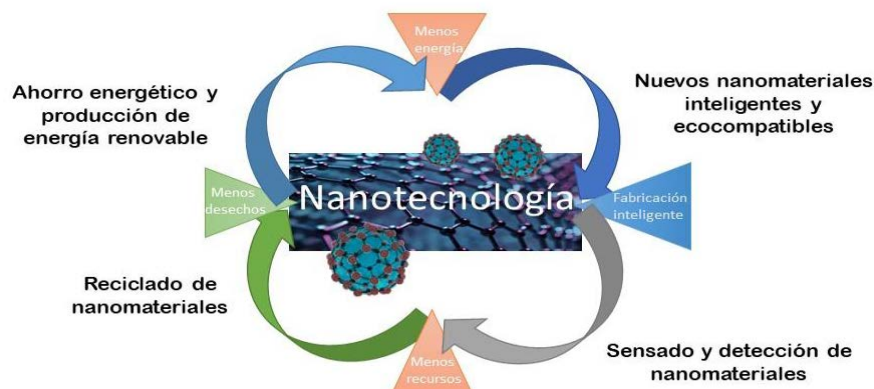
La nanotecnología ya está presente en la **medicina y ciencias de la salud**. Quizás los mejores ejemplos son los nuevos sistemas de administración de fármacos que han revolucionado el tratamiento de muchas enfermedades y han contribuido al aumento de la esperanza de vida. La cara más visible de la nanotecnología en la medicina está asociada con el uso de nanopartículas y materiales, que posibilitan el control de la liberación del medicamento, se utilizan en la producción de órganos artificiales, etc.

En el mercado de la cosmética, los productos más avanzados incorporan nanopartículas, cerca de 1000 productos se habían creado a finales de 2013, unos 40 de los cuales son protectores solares. Como con cualquier producto relacionado con la salud, los posibles efectos de toxicidad de estas nanopartículas necesitan ser investigados (beneficioso en la terapia, pero perjudicial en los efectos secundarios). Las investigaciones en el área de la **nanotoxicología** centran sus esfuerzos en la caracterización de estas nanopartículas, porque la toxicidad de estas varía mucho según su tamaño, forma y revestimientos.

La síntesis de materiales compuestos de carbono es una vertiente creciente en el campo de la nanotecnología, principalmente debido a nuevas aplicaciones en áreas tales como catálisis verde y conversión de CO<sub>2</sub>, que reduce la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera y simultáneamente sintetiza productos orgánicos útiles. Cuando actúan dopados con metales como Pt, Ni, etc. estos materiales de carbono muestran una gran mejora de las propiedades catalíticas, considerándose como un fenómeno de catálisis verde. El uso de materiales de carbono, menos costosos, ambientalmente benignos y resistentes a la corrosión es prometedor como una forma de reemplazar a los catalizadores metálicos. Los avances en nanotecnología también han tenido un impacto en el **uso de materiales procedentes de fuentes naturales, incluyendo biomoléculas y polisacáridos**.

Por todo lo comentado, puede verse que el campo de los materiales y la nanotecnología es verdaderamente multidisciplinar, requiriendo un enfoque de investigación integrado. Es también un campo todavía por explorar donde la innovación entendida como la búsqueda de nuevos o mejorados usos de los recursos que ya disponemos o dispondremos, es una poderosa herramienta. La nanotecnología se debe presentar, como campo científico-técnico puntero y altamente innovador, una clara apuesta por su aplicación en la economía circular. El instituto IMANA se orienta en esta dirección (Figura 3), a través del conocimiento y excelencia de sus miembros. La extensa trayectoria y productividad científica de sus miembros a través de contratos de investigación y/o patentes constituye un activo fundamental para su fundación (Anexos I - VI).

La economía circular se plantea como uno de los grandes retos creativos de nuestro tiempo. Al mismo tiempo, el cambio necesario para conseguirlo es inmenso. La aportación de la Nanotecnología y los nuevos materiales para este cambio está por desarrollar, pero es incuestionable que su implicación es conveniente y ventajosa. El instituto se plantea como un centro de interacción interdisciplinar que permita un efecto amplificador y sinérgico entre los diferentes grupos de investigación enmarcados en nuevos materiales y nanotecnología. En los términos establecidos en la Estrategia de I+D+I de Andalucía 2021-2027, de fomentar la excelencia científica. Entre sus objetivos está conseguir para Andalucía los niveles más altos de eficiencia y competitividad en términos de investigación e innovación y así contribuir a un crecimiento inteligente, sostenible e integrador que logre una economía basada en el conocimiento.



**Figura 3:** El enfoque transdisciplinario del IMANA integra Energía, Salud y Cambio Climático como eje central de su funcionamiento.

### 1.3.3. Actividades previas que constituyen el núcleo del IMANA

La mayor parte de los grupos solicitantes mantienen su colaboración desde su participación en el Máster oficial "Máster en Química avanzada. Preparación y caracterización de materiales" en el 2005 y en programa doctorado del mismo nombre también desde el 2005, posteriormente este programa de doctorado ha pasado a llamarse "Química y Tecnología Química. Materiales y Nanotecnología" manteniéndose la colaboración entre los grupos; hay que destacar que el Máster recibió la Mención de calidad del Ministerio (MEC2005-192) y el programa de doctorado la Mención de excelencia por el Ministerio responsable (MEE2011-0078) habiéndose obtenido la renovación de la acreditación en 2018.

La colaboración entre estos grupos no se ha limitado a la participación conjunta en la docencia de posgrado, máster y doctorado, sino que también se ha manifestado en la participación conjunta de solicitudes de infraestructura para la preparación y caracterización de materiales, superficies y nanoestructuras. Esta colaboración en la solicitud de infraestructuras se inició con la creación del Servicio Centralizado de Apoyo a la Investigación (SCAI) a mediados de los años noventa del siglo pasado, en concreto con la petición y obtención de un equipo de Espectroscopia de Fotoelectrones (XPS) y se ha continuado con la petición de una muy variada infraestructura tales como tres equipos de XPS, el último, un Multilab System 2000, en fechas recientes. También hay que destacar la petición conjunta por parte de varios de los grupos solicitantes de este Instituto de equipos de Difracción de Rayos X, de Espectrometría Atómica, de Masas, de Resonancia Magnética Nuclear para disoluciones y para sólidos, así como la instrumentación para caracterización óptica, elipsometría Óptica, morfológica y mecánica. Mención aparte merece la consecución de las microscopías electrónicas tanto de superficie como de transmisión. En 2012 se solicitó y se obtuvo por buena parte de los grupos un microscopio SEM-FIB, modelo Helios Nono-Lab 650, y más recientemente un microscopio TEM TALOS F200 con alta capacidad analítica y un equipo de nanotomografía computerizada de rayos-X con resolución inferior a los 500 nm. Esta colaboración se mantiene reforzada en la actualidad.

Una buena parte de los investigadores de los grupos arriba señalados investigan en materiales y, o, nanotecnología desde hace años y son conscientes de que su investigación reclama cada vez más un enfoque transdisciplinario (en el Anexo VII se detallan las líneas de trabajo de cada grupo de investigación). La necesidad de incorporar otros grupos que permitan abordar objetivos más complejos, especialmente en las áreas de tecnología y biotecnología se plantea como fundamental. Estas áreas de investigación centradas en las fronteras de las ciencias básicas tienen una fuerte capacidad potencial de transferencia tecnológica en unos aspectos cada vez más importantes por su influencia en la economía circular y en la sostenibilidad.

Además de la investigación científico-tecnológica, el IMANA pretende ser un Instituto de referencia en y del bien común que contribuya a la innovación y diversificación de la economía malagueña. Para ello, en la presente propuesta se reúnen grupos de investigación de las áreas de Física y Química. Además, un buen número de grupos lleva años colaborando entre sí en diferentes actividades investigadoras y docentes, por lo que existen ya conexiones importantes entre ellos que la creación del instituto potenciará. Se generarán además nuevas alianzas entre investigadores que fortalecerán las líneas de investigación propuestas. En dichas líneas, los investigadores solicitantes tienen amplia experiencia, así como en la organización de actividades docentes y de divulgación, según se detalla en los Anexos donde se presenta la actividad de los grupos solicitantes en los últimos 10 años. Los datos de dichos anexos se resumen en la **Tabla 1**.

**Tabla 1.** Resumen de la actividad de los grupos de investigación solicitantes.

Actividad	Nº	Financiación (€)
Proyectos de investigación	97	13.019.492,75
Contratos con otras entidades y empresas	54	2.881.432,73
Publicaciones indexadas o artículos científicos	574	
Libros/Capítulos de libros	36	
Tesis doctorales	31	
Patentes	12	
Participación en Máster	4	
Participación en Programas de Doctorado	2	

A la vista de los índices reflejados en la tabla 1, es evidente la solidez del grupo de investigadores proponentes, que han participado en los últimos 10 años en 141 proyectos y contratos de investigación, en los últimos cinco años se han publicado 574 artículos científicos, conseguido 12 patentes y participado en 6 Máster y Programas de doctorado. Así mismo, es incuestionable la dirección que tiene que tomar el desarrollo de nuestra sociedad hacia la Economía Circular. Por tanto, creemos que esta propuesta de la creación del instituto IMANA está justificada y de hecho surge en un momento clave que puede situar a nuestra Universidad a la vanguardia de esta transformación económica y social.

#### 1.4. Programa cuatrienal de actividades

El programa cuatrienal de actividades del instituto IMANA se presenta en la **Tabla 2**. En los Anexos I - VI se detallan las actividades de cada grupo de investigación que ya están en marcha. Con toda seguridad se realizarán más actividades en función de los proyectos y contratos que se obtengan y las tesis que se inicien, por lo que en la **Tabla 2** se presentan los indicadores de la actividad del instituto. En ella se refleja la estimación global de las actividades a realizar en los próximos cuatro años. Esta tabla de indicadores servirá para la evaluación del instituto.

**Tabla 2.** Indicadores de la actividad del instituto

Actividad	2022	2023	2024	2025
Obtención de Proyectos I+D+i	5-7	10-12	8-10	10-12

Obtención de Contratos de investigación	7-9	8-10	8-10	10-12
Publicación de artículos científicos	44-48	50-54	52-56	55-60
Defensa de Tesis doctorales	5-8	5-8	7-10	8-10
Publicación de Libros/Capítulos de libro	6	8	8	8
Proyectos fin de Máster	10	10	12	15
Apoyo al Emprendimiento	1	0	1	0

Además de las actividades de cada uno de los grupos de investigación que integran el instituto, se desarrollarán una serie de actividades conjuntas que tendrán un seguimiento bienal y que en los próximos cuatro años se pueden concretar en:

- Puesta en marcha del Reglamento de Funcionamiento del Instituto: Creación de las comisiones incluidas en el Reglamento y de las otras operativas de funcionamiento interno.
- Creación y mantenimiento de la página web del Instituto integrada en la de la UMA con espacio para cada unidad que facilite su visibilidad, y el acceso a los servicios ofertados, así como la difusión de sus resultados.
- Establecimiento y consolidación de la Unidad transversal dentro del Instituto con entidad para la búsqueda de financiación (de forma individual y/o conjunta) en los planes de infraestructura y programas con las administraciones locales, regionales, nacionales y europeas, con la integración y gestión de recursos propios, para la dotación estructural, de personal y de funcionamiento de la unidad.
- Programación de Seminarios y Workshops (web-seminars, a través de Research Collaborations and Joint Teaching) para formación especializada de estudiantes de Máster y Doctorado de universidades españolas, iberoamericanas, del arco mediterráneo y europeas.
- Talleres y reuniones con el tejido empresarial de Málaga para la promoción de la nanotecnología.
- Inicio del apoyo al emprendimiento de proyectos spin-off del área de inicial.
- Apoyo en los 3 primeros años de vida del Instituto a los Máster y Programas de Doctorado en los que ya participan los proponentes del Instituto (ver Anexo VIII) a través de actividades transversales y dirección de trabajos fin de Máster con mayor enfoque interdisciplinar.

### 1.5. Recursos humanos

El IMANA estará formado por investigadores de 12 grupos de investigación del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación (PAIDI). De ellos, 10 son grupos de investigación del área de Ciencias Exactas y Experimentales (FQM); 1 de Tecnologías de la producción y la producción (TEP) y otro de Recursos naturales y medioambiente (RNM). En la **Tabla 3** se muestran los grupos de investigación participantes y la(s) unidades del IMANA en las que participa cada grupo. En el Anexo VII se presentan los grupos de investigación participantes.

**Tabla 3:** Grupos de Investigación que forman parte del IMANA y Unidades en las que participan.

Grupos de investigación	UNIDADES de Investigación						
	UFILM	UNEP	UMOM	UFCA	UMES	UNTEN	UBIOTEC
RNM 111 Tecnología de Procesos Catalíticos				X		X	X
FQM 117 Análisis inorgánico		X	X	X			
FQM 155 Nuevos materiales inorgánicos	X	X		X		X	
FQM 103 Espectroscopia y Estructura Molecular	X	X		X		X	
FQM 192 Laboratorio de materiales y superficie	X	X		X		X	X
FQM 159 Polímeros Conductores y Biopolímeros	X		X	X		X	
FQM 113 Diseño Estructural de Materiales Inorgánicos	X	X		X	X	X	
FQM 017 Laboratorio de Dendrímeros biomiméticos y fotónica		X		X			X
FQM 397&158 Productos Naturales, Síntesis de Fármacos y Nanotecnología	X	X					X
FQM 156 Procesado y análisis de materiales con láser	X	X	X		X	X	
FQM-395 Física de Moléculas	X	X	X			X	
TEP184 Tecnología de Residuos y Medio Ambiente	X	X			X	X	
AGR289 Mejora genética, bioquímica y bioeconomía de plantas hortícolas	X		X				X



La **Tabla 4** resume los datos de los investigadores proponentes (**Anexo IX**).

**Tabla 4.** Recursos humanos del IMANA

Número total de investigadores	esperar
Catedráticos de Universidad	28
Profesores Titulares de Universidad	22
Profesores Contratados Doctores	3
Profesores Sustitutos Interinos	6
Investigadores Contratados	17
Personal investigador en formación	30
Técnicos	7
Número de Grupos de Investigación del PAIDI	12
Número de Departamentos de la UMA	7
Sexenios	132
Quinquenios	214

Es destacable el elevado número de investigadores con vinculación permanente (59). Son investigadores con alta productividad científica en los últimos años, como muestra el elevado número de publicaciones, de tesis doctorales dirigidas y de proyectos y contratos de investigación en los que han participado en los últimos cinco años (Anexos I - V). Así mismo, el empeño en la transferencia del conocimiento queda demostrado con el número de patentes obtenidas (Anexo VI). Finalmente, su amplia experiencia docente se ve en el alto número de quinquenios que poseen.

## 1.6. Recursos materiales

En el Anexo IX de esta memoria se detalla el equipamiento actualmente disponible por los grupos de investigación proponentes. Dicha instrumentación, presente en los laboratorios de los respectivos grupos de investigación, es el resultado de la capacidad de estos para conseguir financiación a través de proyectos y contratos de investigación. Además, las distintas Unidades que integran IMANA podrán hacer uso de los equipamientos existentes en los Servicios Centrales de Apoyo a la Investigación (SCAI) de la Universidad de Málaga (<http://www.scai.uma.es/>), en el Centro de Supercomputación y Bionovación "SBCI" (<http://www.scbi.uma.es/>) así como en el Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología "BIONAND" (<https://www.bionand.es/>), estos dos últimos situados en el Parque Tecnológico de Andalucía (PTA). Destacar que parte de la infraestructura existente en dichas instalaciones, alguna de naturaleza singular dada sus características técnicas, han sido obtenidas en convocatorias públicas actuando como Investigadores Responsables de dichas peticiones miembros del IMANA (**Tabla 5**), lo que avala la capacidad de sus integrantes para la adquisición de nuevas infraestructuras. Por otra parte, la infraestructura científica ya existente posibilitará un rápido avance en el desarrollo de nuevos materiales y nanomateriales en los diversos campos de investigación.

**Tabla 5.** Infraestructura solicitada por miembros del IMANA en las últimas convocatorias

Infraestructura	Referencia IP	Entidad financiadora	Cantidad (€)
Equipo de nanotomografía (nano-CT) computarizada de rayos X	EQC2019-005802-P A. Cabeza Díaz	MINECO	998.498,05
Equipo de difracción para materiales nanométricos	EQC2018-004660-P A. Cabeza Díaz	MINECO	478.588,88
Plataforma de Síntesis y Caracterización de Nanomateriales Biocompatibles y Magnéticos	EQC2018-004851-P E. Pérez-Inestrosa	MINECO	448.085,11
Ampliación del Servicio de Fluorescencia Avanzada de BIONAND: equipamiento para caracterización de compuestos y nanopartículas fluorescentes	EQC2019-004851-P E. Pérez-Inestrosa	MINECO	688.268,65
Actualización y Mejora del Fluorímetro Edinburgh Instruments FLS920	5808-25 E. Pérez-Inestrosa	Consejería de Economía y Conocimiento (Junta Andalucía)	46.040,00
Adquisición de un sistema analizador de quimisorción	EQC2019-006196-P E. Rodríguez Castellón	MINECO	198.050,00
Sistema de reacción catalítica acoplado a cromatografía de gases	EQC2018-005122-P E. Rodríguez Castellón	MINECO	105.000,00
Fotoluminiscencia a nivel micro a baja temperatura	EQC2018-004303-P J.R. Ramos Barrado	MINECO	240.000,00
Espectroscopia de infrarrojo en reflectancia y emisividad a alta temperatura	EQC019-00624-P F. Martín Jiménez	MINECO	158.117,00
Espectrometro LIBS de Alta Resolución	EQC2019-006496-P. J. Laserna Vázquez	MINECO	197.060,90
Cromatógrafo de gases-masas	EQC2018-004895-P J.M. López Romero	MINECO	111.469
RMN 200 MHz	EQC2018-004551-P F. Sarabia	MINECO	752.620
Total			4.421.197,6

Las instalaciones y el instrumental disponibles actualmente son los que poseen los grupos de investigación proponentes como resultado de su capacidad para conseguir financiación a través de proyectos y contratos de investigación. El total conseguido en diversas convocatorias asciende a un total de 2.659.480,69 €. Dicho equipamiento se encuentra accesible a través de los servicios centrales de apoyo a la investigación de la Universidad de Málaga y BIONAND.

### 1.7. Actividades docentes previstas

### 1.7.1. Apoyo a la docencia de posgrado de la oferta académica actual

IMANA se crea con la idea de ser un centro que complementa la infraestructura disponible para la impartición de cursos universitarios como cursos propios, cursos de experto universitario y actividades formativas en el marco de Masters. Estas actividades nacieron con la vocación de promover la calidad y potenciar la actividad práctica en los posgrados. Además, pueden servir de apoyo a la Escuela de doctorado para el desarrollo de Tesis Doctorales de los Programas de Doctorado en los que participan los investigadores del instituto.

Al mismo tiempo, la actividad docente del IMANA contribuirá a una mayor internacionalización de la UMA a través de la atracción de estudiantes internacionales interesados en Materiales, Nanomateriales y Nanotecnología. La experiencia docente de los investigadores que forman el IMANA a nivel de posgrado se detalla en el Anexo VIII.

Por otra parte, IMANA nace también con la vocación de incentivar el interés por la investigación de estudiantes de grado. Para tal fin, se propone la organización de actividades, como Jornadas de Puertas Abiertas, que muestran la investigación e infraestructuras del centro a estudiantes de los últimos años de grado.

### 1.7.2. Actividades docentes de nueva creación

A corto-medio plazo sería posible la creación de cursos propios sobre Química Forense; Análisis Instrumental; Cálculos químico-cuánticos como herramientas para una química sostenible; Cursos especializados en identificación y cuantificación de fases cristalinas y amorfas por técnicas difractométricas. Además, actividades de nueva creación podrán ser:

- Jornadas y reuniones científicas organizadas
- Oferta formativa de postgrado y de especialización
- Programa de investigadores visitantes
- Estancias en otros centros de investigación
- Otras actividades relevantes tales como: ponencias, reunión y reconocimiento, jornadas puertas abiertas,...

## 1.8. Colaboración de otras entidades públicas o privadas

Tabla 6.

Instituciones Españolas	Sector
Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CSIC) y grupo SySTAM (Universidad de Oviedo)	Nanomateriales para la energía
Instituto de Ciencia y Tecnología del Carbono (INCAR-CSIC), Oviedo	Materiales para la energía
Instituto de Ciencia y Tecnología de Polímeros (CSIC)	Materiales para la energía
Instituto de Ciencias de Materiales de Sevilla	Ciencias de Materiales y Nanotecnología

Centro Singular de Investigación en Química Biológica e Materiais Moleculares (CIQUS)	Ciencias de Materiales
Instituto de Ciencias de Materiales de Barcelona	Ciencias Materiales y Nanotecnología
University of Reading	Universidad (Materiales y Nanotecnología)
Empresas	Sector
COSENTINO Research and Development, S.L.U.	Materiales para la construcción
ARMIGON, S.L.	Materiales para la construcción
Master Builder Solutions	Materiales para la construcción
Flexterra Corporation	Electrónica orgánica
Inycom	Instrumentación y componentes
Cisal Ambiental S.L.	Medio Ambiente
Perkin Elmer	Instrumentación y componentes
Armigon S.L.	Materiales para la construcción
Grupo Labsur Axarquía	Medio Ambiente
Limpieza Técnica Conductos	Ingeniería
Master Builder Solution	Materiales para la construcción
Quimsa	Ingeniería

## 2. Memoria Económica de funcionamiento del IMANA

Los gastos de funcionamiento del Instituto IMANA se integrarán en el presupuesto general de la UMA, pero consideramos que el Instituto se autofinanciará gracias a los costes indirectos de los proyectos y contratos de investigación que consigan los grupos de investigación participantes. Además, los servicios que se van a ofertar, los convenios con empresas para llevar a cabo pruebas y experiencias en el instituto, así como las actividades formativas que se programen, generarán otros ingresos que se podrán vincular a la escritura del IMANA.

### 2.1. Gastos de funcionamiento

Considerando un proceso de planificación para los dos primeros años de funcionamiento del IMANA estarán previstos

Gastos Estructurales	Asumibles por las unidades de investigación en los dos primeros años	15.000 €/año
Gastos de Personal	<i>asignado al IMANA y con vinculación con la UMA</i>	
	Programa de Contratación de Jóvenes Investigadores y Apoyo I+D+I (Junta de Andalucía)	22.000€/año
	Programa de Becarios de colaboración para el apoyo de la gestión (Plan Propio de la UMA)	1.600€/año
	Personal Técnico-Administrativo (Tareas de gestión económica y administrativas)	25.000€/año
Otros Gastos		4.000 €/año

### 2.2. Inversiones

Se pretende concurrir al Programa AEDT - OTRI-UMA destinado a la creación de estructuras estables de investigación de la Universidad de Málaga para dinamizar las relaciones entre el mundo científico y la empresa y la sociedad y una sede provisional del IMANA.

Programa <i>Acción Estratégica de Dinamización de la Transferencia</i> de la OTRI	Estructura Estable para Unidades de Investigación asociadas al IMANA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Atención Técnica y de Capacitación</li> <li>- Acciones de <i>Networking</i> y lugar de encuentros para la búsqueda de colaboradores industriales y actividades propias del Instituto.</li> <li>- Imagen corporativa del IMANA</li> </ul>
---	--	---

### 2.3. Ingresos

Costes Indirectos	
Prestación de Servicios	Convenios con Empresas
	Actividades Formativas
	Servicios Específicos
Financiación de Infraestructura	
Patrocinio	

Ingresos por los *Costes Indirectos* generados por los proyectos y contratos de investigación. La relación de proyectos y contratos desarrollados en los últimos 5 años, por los investigadores que integran el IMANA se presentan en los Anexos I y II. En la **Tabla 6** se resume la financiación obtenida, siendo la cantidad total lograda en los últimos 5 años de 15.900.925,48 € (proyectos y contratos). Si se tiene en cuenta los costes indirectos correspondientes, éste puede ser un indicador de la capacidad de

autofinanciación del IMANA a partir de estos conceptos. Si se incorporara el 30% de los costes indirectos al presupuesto base del IMANA, resultaría una media anual de unos 140.000 € de ingresos al Instituto por costes indirectos de proyectos y contratos adscritos.

**Tabla 6.** Financiación (€) obtenida por los miembros del IMANA (2016-2020)

Tipo	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Proyectos de Investigación	1.094.264,0	1.428.892,0	1.204.491,9	2.510.874,3	2.520.117,6	8.758.639,8
Contratos	261.976,5	164.800,0	67.283,3	182.400,0	124.008	800.467,8
Total Financiación	1.356.240,5	1.593692,0	1.271.775,2	2.693.274,3	2.644.125,6	9.559.107,6
Costes indirectos	203.436,1	239.053,8	190.766,3	403.991,1,	396.618,8	1.433.866,1
30% Costes indirectos	61.030,8	71.716,1	57.229,9	12.1197,3	11.8985,7	430.159,8

Ingresos por la *Prestación de Servicios*. Se estima que los servicios del Instituto generarían unos ingresos considerando exclusivamente los *Contratos de Investigación* con empresas que puede representar cantidades próximas a los 50.000€/año y que se podría extrapolar para el IMANA de forma conservadora en un volumen anual entre 50.000-100.000€/año. En cuanto *Ingresos por Actividades Formativas*, en concepto de matrícula o inscripciones o actividades de divulgación, se podría establecer una cantidad armonizada de unos 12.000€/año en

Cursos	Formación y Capacitación en Técnicas de Caracterización
	FGUMA sobre Nanotecnología y Materiales
	de Extensión Universitaria
	Online de Nanotecnología
	Tecnología de Materiales
	Experto Universitario en Nanociencias Molecular y Nanotecnología
Talleres/Grupos de Trabajo	Workshop en Nanomateriales
	Reunión del Grupo de Trabajo sobre Nanomateriales
Red Local	Nanotecnología Aplicada: <i>Comprendiendo la materia a escala atómica,</i>
Ayudas FECYT	Ayudas para el Fomento de la Cultura Científica, Tecnológica y de la Innovación

Ingresos por *Servicios Específicos*. *Este tipo de servicios* requerirán la dotación de un técnico, en especial en aquellos servicios demandados y continuados en el tiempo; aunque de forma inicial los servicios ofertados a través de las Unidades del IMANA (<https://www.uma.es/oferta-idi/>) podrán ser desde el uso de instalaciones y equipamientos e instrumentación de uso específico hasta el asesoramiento científico y de apoyo tecnológico por parte de Grupos de Investigación de del IMANA.

*Financiación de Infraestructura*. Una vez constituido el Instituto, con un respaldo reconocible, se acudiría a las Convocatorias de Infraestructura del Ministerio y de la Junta de Andalucía, en las que ya se consiga financiación para grandes equipamientos.

Ingresos por *Patrocinio*. La visibilidad del Instituto podrá generar ingresos a través de *Cátedras y Aulas por Mecenazgo* que potencian la educación, la empleabilidad y el emprendimiento, así como el desarrollo de la investigación y la innovación. *Patrocinio de actividades* específicas o en líneas de investigación de interés de las empresas, *Patrocinio de Becas de Investigación* como Doctorados Industriales participados o *Patrocinador Corporativo del Instituto*.

### 3. Reglamento de funcionamiento del IMANA

El funcionamiento del IMANA se regirá por el Reglamento de funcionamiento recogido en el Anexo XI, siguiendo las directrices de la normativa vigente de la UMA.