



ACG162/4b: Reconocimiento del laboratorio singular: Laboratorio de Física de Fluidos no Newtonianos (F2N2Lab)

- Aprobado en la sesión ordinaria del Consejo de Gobierno de 25 de noviembre de 2020



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Laboratorio Singular en Tecnologías Avanzadas de la Universidad de Granada

Laboratorio de Física de Fluidos no Newtonianos (F2N2Lab): Tribo-Reología, Líquidos Magnéticos y Biomateriales Nanoestructurados

Resumen	2
1.- Introducción	2
2.- Singularidad	4
3.- Nivel tecnológico	6
3.1.- Contexto nacional	6
3.2.- Contexto internacional	11
4.- Hitos científicos	14
4.1.- Líneas de investigación	14
4.2.- Colaboraciones con grupos de investigación	16
4.3.- Impacto científico-técnico	36
4.4.- Impacto socioeconómico	40
5.- Proyectos de investigación en desarrollo.....	41
6.- Inversión realizada	43
7.- Muestra gráfica de las instalaciones	45
8.- Plan de actividades y plan de acceso	47
9.- Responsable	48
10.- Informe del Centro.....	50



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Resumen

Con esta propuesta se pretende dotar a la Universidad de Granada de un nuevo Laboratorio Singular que alberga equipamiento de última generación y proporciona infraestructura y asesoramiento a investigadores tanto de la propia universidad como de fuera de ella.

A diferencia de otros Servicios Generales, este Laboratorio Singular es una infraestructura versátil para la realización de estudios de alta precisión de Física de Materiales, Fluidos no Newtonianos, (magneto)-Reología, (bio)-Tribología, Nanomedicina y Biotecnología. Se trata, de una instalación singular que reúne en un mismo espacio físico el equipamiento necesario para investigaciones punteras multidisciplinares muy diversas.

1.- Introducción

Desde un punto de vista formal, los **fluidos no Newtonianos** son aquellos que no siguen la ley de Newton de la viscosidad y, por tanto, los elementos del tensor esfuerzo no son directamente proporcionales a la tasa de deformación -aplicada o producida-. Además, por lo general, su estado de esfuerzo depende de su **historia mecánica**. Es decir, tienen “memoria” y exhiben comportamientos **viscoelásticos**.

El comportamiento en flujo de estos fluidos viene determinado por su **microestructura interna**. Mientras que los fluidos Newtonianos son, por lo general, líquidos puros como por ejemplo el agua o un aceite, los fluidos no Newtonianos están constituidos por al menos dos fases -coloidales- con al menos una de ellas en la escala de tamaños nanométrica, y por tanto, son objeto de estudio de la **Nanotecnología**. Así, en ocasiones, a los fluidos no Newtonianos también se les llama **fluidos nanoestructurados**, o simplemente **nanofluidos**.

La rama de la Física que se ocupa de la comprensión del comportamiento en flujo de los fluidos no Newtonianos recibe el nombre de **Reología**. Esta disciplina cubre el vacío existente entre dos sistemas físicos modelo, pero de poco interés práctico, el **sólido elástico lineal** y el **fluido viscoso lineal (Newtoniano)**. Ejemplos de fluidos no Newtonianos son la sangre, un gel de baño, la mayonesa, una pasta de cemento y una buena pintura, entre otros (Figura 1).



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación



Figura 1.- Mapa conceptual. Los fluidos no Newtonianos se encuentran en la frontera entre el sólido elástico lineal de Hooke y del fluido viscoso lineal de Newton.

Los **fluidos magnéticos** son fluidos no Newtonianos de especial interés -fundamental y práctico- pues, por ejemplo, constituyen un sistema modelo para aplicar teorías físicas -de transición vítrea coloidal- y están presentes en aplicaciones comerciales -de amortiguación y absorción de impactos mecánicos- en la industria de la automoción. Están constituidos por micro- y/o nanopartículas magnetizables dispersas en un medio continuo no necesariamente Newtoniano. El interés de estos materiales reside en que sus propiedades físicas (mecánicas, ópticas, eléctricas, etc) pueden controlarse a voluntad, de forma remota, superponiendo campos magnéticos externos. Es por ello, que pertenecen a la familia de los **materiales inteligentes**.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

2.- Singularidad

En los últimos años, la Universidad de Granada ha experimentado un muy importante impulso en la investigación que en ella se realiza gracias a políticas agresivas de **captación de talento** acompañadas de Programas de Estabilización, así como a la ejecución de **proyectos de investigación** y de **infraestructura científica** de muy alto nivel que permiten situar la investigación que la Universidad de Granada lleva a cabo en la vanguardia nacional e internacional. En la actualidad, se dispone de recursos humanos y materiales suficientes para abordar problemas científico-técnicos de alta complejidad y de carácter multidisciplinar con una tecnología exclusiva.

En lo referente a esta propuesta, a día de hoy, se dispone de un laboratorio con el siguiente equipamiento:

Preparación de muestras

Para la síntesis y preparación de las micro/nanopartículas y biofluidos se dispone de equipamiento de vidrio muy diverso que incluye reactores de síntesis termostatzados y de atmósfera controlada de hasta 1 L de capacidad, dos mantas calefactoras, una bomba de digestión ácida, una balanza de precisión, un homogeneizador, tres agitadores (*vortex*, basculante y rotativo), una mezcladora planetaria programable, dos desecadores, dos baños termostáticos, un baño de ultrasonidos, un micrótomo, un teslámetro (con sondas axial y transversal), una mufla, un horno de vacío, un frigorífico, una nevera, una incubadora para material biológico, una cabina de flujo laminar y una impresora 3D con doble extrusor completamente equipada.

Reología

Se dispone de tres reómetros torsionales de última generación con numerosos accesorios para medir en geometría plato-plato (x6), cono-plato (x2), cilindros concéntricos (x2) y una pala *vane* de diferentes texturas y rugosidades superficiales. También se dispone de dos celdas magneto-reológicas, una electro-reológica, un tribómetro bola-tres-platos, un *ball-measuring system* y un bicono para reometría interfacial en cizalla. Se dispone de 6 licencias de *software* para análisis de datos. Para obtener información a menor escala se dispone de un nanoindentador completamente equipado capaz de hacer mapeos tridimensionales, mientras que para mayores escalas se dispone de dos máquinas de ensayos universales con video-extensómetros, platos y mordazas para obtener curvas de compresión y tracción.

Microfluidica

El laboratorio dispone del instrumental necesario para hacer ensayos en microcanales y visualizar el flujo con cámaras de alta velocidad y micro-PIV 3D. Incluye transductores (x2) y bombas (x3) de



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

presión, así como bombas de jeringa programables (x3) y múltiples conectores. Se dispone de varios *chips* de microfluidica de vidrio, comerciales, en X para fabricar emulsiones w/o y o/w. También se dispone del equipamiento necesario para fabricar *chips* de microfluidica en PDMS por litografía blanda que incluye un *spin-coater*, lámparas UV, lupas, placas calefactoras de alta precisión y resinas, así como bombas de vacío y campanas para preparar los moldes.

Videomicroscopía

Se dispone de un microscopio confocal, un microscopio invertido de fluorescencia y dos microscopios estereoscópicos. Se dispone de cinco cámaras CCD (tres de alta velocidad y una en color) y de elementos ópticos diversos (incluyendo lentes y fuentes de iluminación) para visualizar cambios microestructurales durante los ensayos. También se dispone de tres paquetes de *software* comercial para el análisis de las imágenes obtenidas.

Al margen del equipamiento detallado anteriormente, también se dispone de muy numeroso equipamiento diseñado *ad-hoc*. De entre todo este equipamiento, cabe destacar **dos equipos únicos** en su género a nivel internacional. Por un lado, un generador de campos magnéticos triaxiales no estacionarios y por otro lado, un reomicroscopio confocal de alta velocidad y super-resolución.

Generador de campos magnéticos triaxiales no estacionarios

En los últimos años, y gracias a la financiación recibida en el marco de un Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía (P11-FQM-7074) así como de otros tres del Plan Nacional de Investigación (MAT-2010-15101, MAT-2013-44429-R y MAT-2016-78778-R), se ha construido un generador de campos magnéticos triaxiales no estacionarios capaz de alcanzar 4 kHz que es único en su género.

Reomicroscopio confocal de alta velocidad y super-resolución

El reomicroscopio confocal de alta velocidad y super-resolución se ha construido gracias a la financiación recibida en la convocatoria del Plan Estatal de Infraestructura de 2019 (EQC2019-005529-P) y de otros dos proyectos, del Plan Nacional (PID2019-104883GB-I00) y regional (P18-FR-2465). Este reomicroscopio, en combinación con el generador de campos magnéticos es único a nivel internacional.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

3.- Nivel tecnológico

La creación del Laboratorio Singular tiene un marcado **carácter estratégico**. Existen muy diversos laboratorios de Física de Fluidos, Física Aplicada, Nanotecnología y Ciencia de Materiales. Sin embargo, actualmente no existe ningún laboratorio dotado con un equipamiento de características técnicas similares y que permita preparar, manipular y caracterizar biomateriales *in situ* mediante técnicas de última generación en un mismo laboratorio (Figura 2).



Figura 2.- Esquema ilustrativo de las sinergias entre distintas disciplinas involucradas en la propuesta.

3.1.- Contexto nacional

A grandes rasgos, la investigación que se realiza en el laboratorio puede englobarse en el ámbito de la **Nanotecnología**.

La **Red Española de Nanotecnología** (<http://www.nanospain.org/>) tiene como objetivo prioritario promover el intercambio de conocimiento entre grupos españoles que trabajan en los diferentes campos relacionados con la Nanotecnología y la Nanociencia, fomentando la colaboración entre universidades, instituciones de investigación públicas y privadas, e industria.

En la Comunidad Autónoma Andaluza hay 35 grupos de investigación pertenecientes a la Red Española de Nanotecnología (véase la Tabla 1). Si bien existe un Grupo de Trabajo dedicado a la Nanobiotecnología, no existe ninguno que se ocupe de los materiales con respuesta magnética (Nanomagnetismo) a diferencia de lo que sucede en otras Comunidades como Madrid o Aragón.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Institución	Departamento	Persona de contacto
Instituto Ciencias Marinas Andalucía (CSIC)	Ecology and Coastal Ecosystems	BLASCO MORENO, Julian
Universidad de Córdoba	Química Analítica	CARDENAS ARANZANA, María Soledad
Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC)	Laboratorio de Estudios Cristalográficos	DELGADO LOPEZ, Jose Manuel
Universidad de Granada	Química Orgánica	DOBADO, José Antonio
Universidad de Sevilla	Física de la Materia Condensada	DOMIGUEZ RODRIGUEZ, Arturo
Universidad de Granada	Química Inorgánica	DOMINGUEZ VERA, José M.
Facultad de Farmacia	Farmacia y Tecnología Farmacéutica	FERNANDEZ AREVALO, Mercedes
Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (CSIC)	Superficies e Interfases	FERNANDEZ CAMACHO, M ^a Asuncion
Escuela Superior de Ingeniería	Lenguajes y Sistemas Informáticos	GALINDO RIAÑO, Pedro L.
Universidad de Granada	Electrónica y Tecnología de Computadores	GAMIZ, Francisco
Facultad de Medicina/Hospital de Puerto Real	Biomedicina, Biotecnología y Salud Pública	GARCIA-COZAR, Francisco
Agroindustrial Kimitec	Agroindustrial Kimitec	GARCIA, Felix
Universidad de Córdoba	Department of Analytical Chemistry	GÓMEZ HENS, Agustina
Yflow SL	Yflow SL	GONZALEZ LOSCERTALES, Ignacio
Nanomateriales y Polímeros SL (Nanomaterials and Polymers)	I+D	MEGÍAS ARANDA, Irene
Faculty of Pharmacy	Nutrition and Bromatology, Toxicology and Legal Medicine	JOS, Angeles
Instituto de Investigaciones Químicas (CSIC)	Química Bioorgánica	KHIAR EI WAHABI Nouredine
Universidad de Málaga	Química Analítica	LASERNA, Javier
Universidad de Málaga	Química Orgánica - Facultad de Ciencias	LOPEZ ROMERO, Juan Manuel
Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (CSIC)	Materiales Funcionales Nanoestructurados	MÍGUEZ GARCÍA, Hernán



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Universidad de Sevilla	Ingeniería Aeroespacial y Mecánica de Fluidos	MODESTO LÓPEZ, Luis Balam
Universidad de Cádiz	Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica y Química Inorgánica	MOLINA Sergio I.
Institute of Research on Electron Microscopy and Materials (IMEYMAT)		MORALES SÁNCHEZ, Francisco M.
Universidad de Málaga	Química Física	OTERO FERNÁNDEZ DE MOLINA, Juan Carlos
LAIMAT soluciones científico técnicas	I+D	PEDRAJAS JURADO, Josefina
Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera de Andalucía	Área de Mejora y Biotecnología	PÉREZ DE LUQUE, Alejandro
Universidad de Jaen / Higher Polytechnic School of Linares (EPS)	Chemical Engineering, Environmental and Materials Department	PEREZ VILLAREJO, Luis
Universidad de Málaga / Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología	Química Orgánica	PEREZ-INESTROSA, Ezequiel
Centro Andaluz de Biología Molecular y Medicina Regenerativa (CSIC-Universidad de Sevilla-UPO-Junta de Andalucía)	Departamento de Terapia Celular	POZO Perez, David
Universidad de Málaga	Física Aplicada	RAMOS BARRADO, Jose R.
Universidad Pablo de Olavide	Area de Toxicología	REPETTO KUHN Guillermo
Instituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (CSIC)	Nanotechnology on Surfaces	RODRIGUEZ GONZALEZ-ELIPE, Agustín
Universidad de Córdoba	Química Analítica	RUBIO BRAVO, Soledad
Universidad de Sevilla	Electronics and Electromagnetism	VALVERDE, Jose Manuel
Escuela Politécnica Superior y Facultad de Ciencias Experimentales	Química y Física	VARGAS BERENGUEL, Antonio

Tabla 1.- Grupos andaluces pertenecientes a la Red Española de Nanotecnología.

En este contexto, también cabe destacar la **Plataforma de Innovación en Tecnologías Médicas y Sanitarias** (ITEMAS, <https://www.itemas.org/>). ITEMAS es una estructura de apoyo a la innovación sanitaria promovida por el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII). Su objetivo es facilitar que las ideas innovadoras de los profesionales sanitarios lleguen a generar valor para el sistema, a través de favorecer la transferencia de tecnología, la cultura de la innovación y la comunicación con el resto de



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

la sociedad. La principal herramienta de ITEMAS es la creación de **Unidades de Apoyo a la Innovación (UAI)** en los hospitales. A través de ellas se dotan los medios y ayuda necesarios para que los profesionales sanitarios puedan convertir sus ideas y descubrimientos en realidades para los pacientes. Los Hospitales y Centros andaluces pertenecientes a esta plataforma se muestran en la Tabla 2.

IBIMA. Instituto de Investigación Biomédica de Málaga	AT4 Wireless	BRECA Health Care
Agencia Sanitaria Costa del Sol	Centro Pfizer – Universidad de Granada – Junta de Andalucía de Genómica e Investeigación Oncológica, GENYO	Grupo Consea
Centro Andaluz de Biología Molecular y Medicina Regenerativa	Digitalica Salud	EVERIS
BIONAND. Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología	Fundación Corporación Tecnológica de Andalucía	Fundación Pública Andaluza Progreso y Salud
FIBAO. Fundación Pública Andaluza para Investigación Biosanitaria en Andalucía Oriental.	HYGEA Salud y Nutrición	IDOM Ingeniería y Consultoría
Orden Hospitalaria de San Juan de Dios de Córdoba	Instituto Andaluz de Tecnología - IAT	PONS Patentes y Marcas Internacional
Hospital Universitario Virgen del Rocío – Instituto de Biomedicina de Sevilla (HUVR-IBIS)	Sociedad Española de Ingeniería Biomédica	Thotalmed
Iniciativa Andaluza de Terapias Avanzadas	Instituto de Investigación e Innovación en Ciencias Biomédicas de Cádiz	

Tabla 2.- Hospitales y centros andaluces adscritos a ITEMAS.

Un centro de ITEMAS de especial relevancia en el ámbito andaluz es el **Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología** (<https://www.bionand.es/>, BIONAND). BIONAND es un centro de carácter mixto participado por la Consejería de Salud, la Consejería de Economía y Conocimiento, y la Universidad de Málaga, concebido como espacio para la investigación de excelencia en Nanomedicina, siendo el primer centro temático en España orientado exclusivamente a la investigación en Nanotecnología aplicada a la salud. Todo así, llama poderosamente la atención que la infraestructura



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

de BIONAND no incluya equipamiento apropiado para trabajar con nanopartículas magnéticas (véase Tabla 3).

Imagen por Resonancia Magnética (MRI)	Citometría de Flujo/Separación celular
Imagen Óptica por fluorescencia y bioluminiscencia en pequeños animales	Cryo-TEM
Imagen por Tomografía Computerizada (CT)	Microscopio electrónica de transmisión (TEM)
RMN de líquidos de alta resolución	High Content Screening
RMN de alta resolución con sonda HR-MAS (High Resolution Magic Angle Spinning)	Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)
Time Domain RMN (TD-NMR)	SEM Ambiental (ESEM)
Microscopía confocal	Servicio de Experimentación Animal (Estabulario)
Microscopía Multifotón	Servicio de corte histológico basado en la técnica de corte y pulido
Microscopía de Fluorescencia	Servicio de inclusión en parafina
Microscopía de Super-Resolución	Servicio de Criostato

Tabla 3.- Capacidades del Centro Andaluz de Nanomedicina y Biotecnología BIONAND.

Por otro lado, el **Grupo Español de Reología** (GER, <https://www.reologia.es/>) es un grupo especializado dentro de la Real Sociedad Española de Química y de la Real Sociedad Española de Física. El grupo se encuentra, sin embargo, abierto a distintos profesionales de cualquier nacionalidad, del ámbito académico e industrial tales como químicos, físicos, ingenieros, matemáticos, farmacéuticos, biólogos o médicos. El GER es un colectivo reducido ya que no alcanza el centenar de asociados (individuales o corporativos), no obstante, las actividades desempeñadas por sus miembros son muy diversas, abarcando desde aspectos teóricos hasta instrumentación y aspectos aplicados con materiales de muy diferente naturaleza (polímeros, alimentos, materiales cerámicos, materiales biológicos, productos farmacéuticos, productos derivados del petróleo, etc.). El vínculo entre los distintos asociados al GER y la reología no es necesariamente directo sino que, en no pocos casos, ésta se utiliza como una técnica complementaria para la caracterización de determinados materiales. Al GER pertenecen las Universidades contenidas en la Tabla 4. El equipamiento singular de que se dispone en el laboratorio objeto de esta memoria es exclusivo de la Universidad de Granada. Sólo un grupo en el País Vasco, además de la Universidad de Granada, trabaja en el ámbito de la reología de fluidos magnéticos y siempre con generadores de campo uniaxial. Por otro lado, ningún grupo nacional dispone de un reomicroscopio confocal de alta velocidad y super-resolución.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Universidad de Sevilla	Universidad de Valencia
Universidad de Huelva	Universidad Politécnica de Madrid
Universidad de Málaga	Universidad del País Vasco
Universidad de Granada	CSIC
Fundamentos Físicos Ibérica	TA Instruments

Tabla 4.- Instituciones y empresas representadas en el Grupo Español de Reología.

3.2.- Contexto internacional

En la literatura científica especializada se describe el uso de generadores de campo magnético uniaxiales y estacionarios en varios reomicroscopios de luz blanca. Sin embargo, no se ha descrito el uso de generadores triaxiales con las características del que disponemos y tampoco con reomicroscopios confocales de alta velocidad y super-resolución.

Ninguno de los microscopios confocales decritos en la literatura es lo suficientemente rápido como para poder hacer reología no lineal [Hayes *et al.* (2008) y Leahy *et al.* (2018)], y son sólo tres los grupos que han llegado a ensamblar un equipo capaz de resolver volúmenes 3D en tiempo real pero todos ellos con características técnicas inferiores al equipo de que se dispone en la Universidad de Granada. En la mayoría de los casos, el uso de estos equipos se ha limitado a obtener información sobre el perfil de velocidad en la proximidad de las paredes de confinamiento ya sea en reómetros torsionales [Hayes *et al.* (2008), Ballesta *et al.* (2012), Boukany *et al.* (2015)] o capilares [Hemminger *et al.* (2017)]. A continuación se describen los referidos equipos así como el uso que se les da:

Georgetown University (EE.UU.)

Laboratorio del profesor Daniel L. Blair

Disponen de un reómetro MCR301 de Anton Paar acoplado a un microscopio confocal SP5 de Leica. Lo utilizan para establecer correlaciones entre la microestructura de materiales amorfos (fundamentalmente vidrios, sólidos desordenados, geles y espumas) y las propiedades mecánicas del *bulk* (generalmente el envejecimiento y dinámicas heterogéneas). Estudian la distribución espacial de las fuerzas actuantes entre partículas sometidas a esfuerzos antes de la ruptura mecánica. También estudian hidrogeles coloidales termosensibles y su transición vítrea. Más recientemente están trabajando en la búsqueda de correlaciones espacio-temporales en el flujo de emulsiones concentradas [Vasishth *et al.* (2018)] y en mejorar la comprensión de la interacción de células con la matriz extracelular. En concreto, estudian la influencia de la viscoelasticidad de la matriz polimérica en la morfología celular y mecanotransducción [Tabatabai *et al.* (2015)].



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Universidad de Edimburgo (Reino Unido)

Laboratorio del profesor Wilson C. K. Poon

Disponen de un reómetro de esfuerzo controlado AR2000 de TA Instruments en geometría cono-plato acoplado a un VT-Eye de VisiTech a través de un objetivo montado sobre un piezo. Lo utilizan generalmente para estudiar, a nivel fundamental, el deslizamiento en paredes y fenómenos de *shear banding* y de *shear localization* en suspensiones de esferas duras no Brownianas. En particular, el equipo es capaz de medir de forma muy precisa los perfiles de velocidad a través del análisis de las imágenes obtenidas [Ballesta *et al.* (2012)]. En la actualidad estudian la reofísica de la materia blanda (*Soft Matter*), y en concreto, los mecanismos físicos que gobiernan la ruptura (*yielding*) y comportamiento en flujo de coloides densos, geles y emulsiones, además de cómo están relacionados con el arresto dinámico (*dynamical arrest*) o *jamming* en estos sistemas en ausencia de flujo [Guy *et al.* (2018)].

Universidad de Cornell (EE.UU.)

Laboratorio del profesor Itai Cohen

Disponen de un reómetro multieje de fabricación artesanal que descansa sobre un microscopio confocal Zeiss LSM 5. El dispositivo es único en el sentido de que es capaz de superponer flujos de cizalla uniaxiales y biaxiales con un ajuste de gap de, tan sólo, $2.0 \pm 0.1 \mu\text{m}$. Además, el equipo es capaz de medir esfuerzos de cizalla del orden de tan sólo la decena de pascales [Lin *et al.* (2014)]. Haciendo uso de un reomicroscopio confocal de alta velocidad, recientemente, demostraron que la difusión rotacional de partículas no esféricas se incrementa cuando el fluido es cizallado [Leahy *et al.* (2013)]. En la actualidad trabajan en la medición del tensor de esfuerzos de materiales, conocidas las posiciones de las partículas, mediante microscopía confocal. Han puesto a punto el método SALSA ("*Stress Assessment from Local Structure Anisotropy*") para esferas duras, demostrado su potencial en cristales coloidales con defectos [Lin *et al.* (2016)] y estudiado los procesos de rotura de biomateriales: en concreto el cartílago articular [Bartell *et al.* (2018)].

Referencias

- Ballesta, P., Petekidis, G., Isa, L., Poon, W. C. K., y Besseling, R., "Wall slip and flow of concentrated hard-sphere colloidal suspensions", *J. Rheol.* **56** (2012) 1005.
- Bartell, L. R., Xu, M. C., Bonassar, L. J., y Cohen, I., "Local and global measurements show that damage initiation in articular cartilage is inhibited by the surface layer and has significant rate dependence", *J. Biomech.* **72** (2018) 63.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Boukany, P. E., Wang, S. Q., Ravindranath, S., y Lee, L. J., "Shear banding in entangled polymers in the micron scale gap: a confocal-rheoscopic study", *Soft Matter* **11** (2015) 8058.
- Guy, B. M., Richards, J. A., Hodgson, D. J. M., Blanco, E., y Poon, W. C. K., "Constraint-based approach to granular dispersion rheology", *Phys. Rev. Lett.* **121** (2018), 128001.
- Hayes, K. A., Buckley, M. R., Cohen, I., y Archer, L. A., "High resolution shear profile measurements in entangled polymers", *Phys. Rev. Lett.* **101** (2008) 218301.
- Hemminger, O., y Boukany, P. E., "Microscopic origin of wall slip during flow of an entangled DNA solution in microfluidics: flow induced chain stretching versus chain desorption", *Biomicrofluidics* **11** (2017) 044118.
- Leahy, B. D., Cheng, X., Ong, D. C., Liddell-Watson, C., y Cohen, I., "Enhancing Rotational Diffusion Using Oscillatory Shear", *Phys. Rev. Lett.* **110** (2013) 228301.
- Leahy, B. D., Lin, N. Y. C., y Cohen, I., "Quantitative light microscopy of dense suspensions: colloid science at the next decimal place", *Curr. Opin. Colloid In.* **34** (2018) 32.
- Lin, N. Y. C., Bierbaum, M., Schall, P., Sethna, J. P., y Cohen, I., "Measuring nonlinear stresses generated by defects in 3D colloidal crystals", *Nat. Mater.* **15** (2016) 1172.
- Lin, N. Y. C., McCoy, J. H., Cheng, X., Leahy, B., Israelachvili, J. N., y Cohen, I., "A multi-axis confocal rheoscope for studying shear flow of structured fluids", *Rev. Sci. Instrum.* **85** (2014) 033905.
- Tabatabai, A. P., Kaplan, D. L., y Blair, D. L., "Rheology of reconstituted silk fibroin protein gels: the epitome of extreme mechanics", *Soft Matter* **11** (2015) 756.
- Vasisht, W., Dutta, S. K., DelGado, E., y Blair, D. L., "Rate dependence of elementary rearrangements and spatiotemporal correlations in the 3D flow of soft solids", *Phys. Rev. Lett.* **120** (2018) 018001.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

4.- Hitos científicos

El equipo de investigación que trabaja en este laboratorio realiza una actividad investigadora multidisciplinar, **reconocida internacionalmente**, en colaboración con numerosos grupos de investigación nacionales e internaciones. En los últimos años hemos comunicado cerca de 20 comunicaciones invitadas en congresos de la especialidad y conseguido proyectos de investigación por más de 2.5 M€.

La **calidad de la investigación** queda refrendada por el nivel de las publicaciones de los investigadores que utilizan las infraestructuras. Algunos ejemplos son las siguientes:

- Maya-Vetencourt et al. Nature Nanotechnology 15 (2020) 698–708
- Morillas et al. Physical Review E 99(6) (2019) 062604.
- Bramini et al. ACS NANO 8(5) (2014) 4304-4312.
- Ye et al. Nanoscale 5(22) (2013) 11153-11165.
- Nardecchia et al. Chemical Society Reviews 42(2) (2013) 794-830.
- Sánchez-Moreno et al. International Journal of Molecular Sciences 13(4) (2012) 4906-4919.
- Kob et al. Nature Physics 8(2) (2012) 164-167.

4.1.- Líneas de investigación

En el laboratorio cabe la posibilidad de trabajar con muestras de muy diverso tipo, ya sean líquidas, sólidas o semisólidas, y obtener información valiosa sobre las propiedades mecánicas de las mismas. Es por ello que existen colaboraciones con un gran número de Grupos de Investigación, no sólo experimentales si no también teóricos.

Por parte de la Universidad de Granada, cabe destacar los siguientes Departamentos:

- Anatomía y Embriología Humana.
- Ecología.
- Electrónica y Tecnología de Computadores.
- Estomatología y Odontología.
- Física Aplicada.
- Geometría y Topología.
- Ingeniería Química.
- Matemática Aplicada.
- Medicina.
- Mineralogía y Petrología.
- Química Inorgánica.
- Química Orgánica.

Además de la Universidad de Granada también hay que mencionar las siguientes Universidades:



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Universidad Complutense de Madrid (Dpto. Química Física).
- Universidad de Almería (Dpto. Química Física).
- Universidad de Barcelona (Dpto. Ciencia de Materiales y Química Física, Dpto. Física de la Materia Condensada y Dpto. Tecnología Farmacéutica y Fisicoquímica).
- Universidad de Córdoba (Dpto. Química Física).
- Universidad de Extremadura (Dpto. Ingeniería Mecánica, Energética y de los Materiales).
- Universidad de las Islas Baleares (Dpto. Física de la Materia Condensada).
- Universidad de Sevilla (Dpto. Ingeniería Química).

e Institutos de Investigación y empresas:

- BCAM – Basque Center for Applied Mathematics.
- CIC biomaGUNE – Centro de Investigación Cooperativa en Biomateriales.
- CSIC – ICMM: Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid.
- CSIC – ICN2: Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology.
- CSIC – IFISC: Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos.
- CSIC – IQAC: Instituto de Química Avanzada de Cataluña.
- Hospital Universitario Virgen de las Nieves de Granada.
- Kolmer S. A.

Como consecuencia de la gran variedad de Grupos de Investigación, las líneas de investigación que se verían favorecidas son muchas y muy variadas.

Algunas de las líneas de investigación más destacadas son las siguientes:

- Procesos de biomineralización y tejidos calcificados.
- Suspensiones coloidales.
- Pinturas.
- Productos alimentarios.
- Recubrimientos hidrófobos y superhidrófobos.
- Fluidos magnéticos: magneto-reología.
- Materiales biológicos y biomédicos.
- Hidrogeles y materiales poliméricos.
- Propiedades mecánicas de materiales bidimensionales con aplicaciones en electrónica.
- Estudio de carbones, arcillas, aglomerantes y suelos.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Conservación patrimonio.
- Adhesión de materiales dentales y propiedades mecánicas de implantes.
- Influencia de la adición de nanopartículas a procesos de unión entre plásticos.
- Mejora de propiedades térmicas de plásticos.
- Materiales de baja emisividad y conductividad para el sector de la automoción.
- Materiales compuestos para la fabricación de componentes en el sector naval.
- Materiales aditivados con grafeno.
- Aditivo ferromagnético para film plástico.
- Reciclado de plástico como aditivo en morteros de hormigón.

4.2.- Colaboraciones con grupos de investigación

A continuación se enumeran los Grupos de Investigación con los que el equipo investigador mantiene colaboraciones. Algunos de estos Grupos de Investigación son experimentales y estarían interesados en la utilización de los equipos. Otros de los Grupos de Investigación son teóricos y estarían interesados en estudiar los datos generados por los equipos.

A los miembros de estos Grupos de Investigación (en total 328 investigadores) habría que sumar los usuarios del Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada y otros investigadores independientes que han mostrado interés en el uso del equipamiento y no pertenecen a los Grupos de Investigación incluidos en esta memoria.

GRUPO #1

Grupo de Física de Fluidos y Biocoloides

Página web: <https://biocol.ugr.es/>

Roque Hidalgo Álvarez

NIF: 26733910K

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: I-2523-2015

Código ORCID: 0000-0003-0309-0710

Número de componentes: 28

Líneas de investigación:

- Directed assembly of nanoparticles on surfaces by convective/capillary deposition.
- Biomimetic hydroxyapatite coatings.
- Food emulsions.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Drug/gene delivery.
- Magnetorheology.
- Synthesis of nanoparticles and colloidal structures.
- Brownian dynamics, Montecarlo techniques, Stochastic Rotation Dynamics.

Tres contribuciones científicas:

- Hidalgo-Alvarez R., Martin A., Fernandez A., et al., Electrokinetic properties, colloidal stability and aggregation kinetics of polymer colloids, *Adv. Colloid Interfac.* 67, 1-118, 1996.
- de Vicente J., Klingenberg D. J., Hidalgo-Alvarez R., Magnetorheological fluids: a review, *Soft Matter* 7(8), 3701-3710, 2011.
- Ramos J., Forcada J., Hidalgo-Alvarez R., Cationic polymer nanoparticles and nanogels: from synthesis to biotechnological applications, *Chem. Rev.* 114(1), 367-428, 2014.

GRUPO #2

CIC biomaGUNE

Página web: <https://www.cicbiomagune.es/>

Director: Luis Liz Marzán

NIF: 33304170D

Cargo/Puesto de trabajo: Director del CIC biomaGUNE

Organismo al que está vinculado: CIC biomaGUNE

Researcher ID: B-8910-2011

Código ORCID: 0000-0002-6647-1353

Coordinador del Grupo de Investigación: **BioNanoplasmonics Lab**

(<http://www.bionanoplasmonics.com/index.php>)

Número de componentes: 19

Líneas de investigación:

- Nanoparticle synthesis: size and shape control.
- Plasmonics of metal nanoparticles.
- Nanoparticle assemblies.
- Evaluation of the optical enhancing properties of nanoparticles and nanoparticle arrays.
- Integration of nanoparticles into complex sensors for diagnosis and biodetection.

Tres contribuciones científicas:

- Liz-Marzan L. M., Giersig M., Mulvaney P., Synthesis of nanosized gold-silica core-shell particles, *Langmuir* 12(18), 4329-4335, 1996.
- Grzelczak M., Vermant J., Furst E. M., et al., Directed self-assembly of nanoparticles, *ACS Nano* 4(7), 3591-3605, 2010.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Reddy N. K., Perez-Juste J., Pastoriza-Santos I., et al., Flow dichroism as a reliable method to measure the hydrodynamic aspect ratio of gold nanoparticles, ACS Nano 5(6), 4935-4944, 2011.

GRUPO #3

Grupo Español de Reología

Página web: <http://www.reologia.es/>

Presidente: Antonio Guerrero Conejo

NIF: 28519790C

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Sevilla

Researcher ID: D-2707-2012

Código ORCID: 0000-0001-6050-8699

Coordinador del Grupo de Investigación: **Tecnología y Diseño de Productos Multicomponentes**
(https://investigacion.us.es/sisius/sis_depgrupos.php?ct=&cs=&seltext=TEP-229&selfield=CodPAI)

Número de componentes: 12

Líneas de investigación:

- Rheology and processing of protein-stabilised emulsions.
- Rheology and processing of biopolymer (protein/polysaccharide) gel matrices.
- Rheology and processing of surfactant-based products.
- Development of thermomechanically processed protein-based bioplastics.
- Development of biopolymer-based scaffolds for tissue engineering.
- Interfacial rheology of adsorbed protein layers.
- Development of superabsorbent biodegradable materials.

Tres contribuciones científicas:

- Franco J. M., Guerrero A., Gallegos C., Rheology and processing of salad dressing emulsions, Rheol. Acta 34(6), 513-524, 1995.
- Cordobes F., Partal P., Guerrero A., Rheology and microstructure of heat-induced egg yolk gels, Rheol. Acta 43(2), 184-195, 2004.
- Romero A., Cordobes F., Cecilia P., et al., Rheology and droplet size distribution of emulsions stabilized by crayfish flour, Food Hydrocolloid 22(6), 1033-1043, 2008.

GRUPO #4

Grupo Especializado de Coloides e Interfases

Página web: <https://grupodecoloideseinterfases.weebly.com/>



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Presidente: Francisco Monroy Muñoz

NIF: 03849840P

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Complutense de Madrid

Researcher ID: N-2763-2013

Código ORCID: 0000-0001-6455-3083

Coordinador del Grupo de Investigación: **Biofísica para la Biotecnología y la Biomedicina**
(<https://www.ucm.es/grupos/grupo/862>).

Número de componentes: 28

Líneas de investigación:

- Membranas mitocondriales.
- Microfluídica.
- Bio-reología.
- Mecánica celular.
- Nanomateriales basados en membranas biológicas y surfactante pulmonar.
- Nanobiofísica y Nanobiomecánica.
- Vehiculización de fármacos.
- Surfactante pulmonar.
- Biofísica de membranas.

Tres contribuciones científicas:

- Monroy F., Kahn J. G., Langevin D., Dilational viscoelasticity of surfactant monolayers, *Colloid Surface A* 143(2-3), 251-260, 1998.
- Bhattacharyya A., Monroy F., Langevin D., et al., Surface rheology and foam stability of mixed surfactant-polyelectrolyte solutions, *Langmuir* 16(23), 8727-8732, 2000.
- Monroy F., Ortega F., Rubio R. G., et al., Surface rheology, equilibrium and dynamic features at interfaces, with emphasis on efficient tools for probing polymer dynamics at interfaces, *Adv. Colloid Interfac.* 134-35, 175-189, 2007.

GRUPO #5

Unidad de Excelencia Modelling Nature

Página web: <http://www.modelingnature.org/about-us>

Coordinador: Manuel Ritoré

NIF: 08823714V

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Researcher ID: J-2557-2015

Código ORCID: 0000-0002-1136-3881

Número de componentes: 52

Líneas de investigación:

- Complex adaptive systems at multiple scales in evolutionary and global ecology.
- Modeling bio-nanotechnology. New materials and bio-engineering.
- Cell communications and targeted therapies.
- Mathematical models and methods in life sciences.

Tres contribuciones científicas:

- Hutchings M., Morgan F., Ritore M., et al., Proof of the double bubble conjecture, *Ann. Math.* 155(2), 459-489, 2002.
- Pacard F., Ritore M., From constant mean curvature hypersurfaces to the gradient theory of phase transitions, *J. Differ. Geom.* 64(3), 359-423, 2003.
- Ritore M., Rosales C., Area-stationary surfaces in the Heisenberg group H^{-1} , *Adv. Math.* 219(2), 633-671, 2008.

GRUPO #6

Magnetic Soft Matter Group

Página web: <http://fmc.ub.edu/~ptierno/index.html>

Coordinador: Pietro Tierno

NIF: X8801160A

Cargo/Puesto de trabajo: Associate Professor

Organismo al que está vinculado: Universidad de Barcelona

Researcher ID: C-7468-2011

Código ORCID: 0000-0002-0813-8683

Número de componentes: 11

Líneas de investigación:

- Artificial colloidal ice.
- Propulsion in viscous fluids.
- Ratchet transport.
- Realization of shape-anisotropic field responsive particles.
- Colloids in periodic potentials.

Tres contribuciones científicas:

- Tierno P., Golestanian R., Pagonabarraga I., et al., Controlled swimming in confined fluids of magnetically actuated colloidal rotors, *Phys. Rev. Lett.* 101(21), 218304, 2008.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Tierno P., Recent advances in anisotropic magnetic colloids: realization, assembly and applications, *Phys. Chem. Chem. Phys.* 16(43), 23515-23528, 2014.
- Bryan M. T., Garcia-Torres J., Martin E. L., et al., Microscale magneto-elastic composite swimmers at the air-water and water-solid Interfaces under a uniaxial field, *Phys. Rev. Appl.* 11(4), 044019, 2019.

GRUPO #7

Instituto de Biopatología y Medicina Regenerativa (IBIMER) e Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs. GRANADA)

Página web: <https://teradireca.wixsite.com/teradireca>

Coordinador: Juan Antonio Marchal Corrales

NIF: 24227815Y

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: M-4305-2014

Código ORCID: 0000-0002-4996-8261

Número de componentes: 16

Líneas de investigación:

- Medicina regenerativa:
 - Bioimpresión 3D y desarrollo de biotintas, biomateriales naturales y sintéticos con aplicación el lesiones osteoarticulares, producción de piel biomimética o sustitutos vasculares.
 - Aplicación terapéutica de células madre adultas y progenitoras en patologías de alta prevalencia.
 - Uso de citoquinas quiméricas en diferenciación celular.
- Oncología experimental y de precisión:
 - Papel de la células madre cancerígenas (CSCs) y su microambiente en el desarrollo tumoral.
 - Biopsia líquida e identificación de nuevos biomarcadores característicos de CSCs con valor pronóstico y predictivo de respuesta.
 - Implementación de una plataforma integrada no invasiva basada en el uso de la bioinformática, la nanotecnología y biosensores de grafeno.
 - Nuevos fármacos naturales y sintéticos selectivos frente a CSCs.
 - Terapia génica del cancer.
 - Nanopartículas funcionalizadas y vectorizadas frente a CSCs.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Desarrollo de nuevos dispositivos médicos para el tratamiento del cáncer (ultrasonidos).
- Bioimpresión 3D de tumores.

Tres contribuciones científicas:

- Picon-Ruiz M., Morata-Tarifa C., Valle-Goffin J. J., et al., Obesity and adverse breast cancer risk and outcome: mechanistic insights and strategies for intervention. *CA Cancer J. Clin.* 67(5), 378, 2017.
- González-González A., Muñoz-Muela E., Marchal J. A., et al., Activating transcription factor 4 modulates TGF β -induced aggressiveness in triple-negative breast cancer via SMAD2/3/4 and mTORC2 signaling, *Clin Cancer Res.* 24(22), 5697, 2018.
- Aparicio-Puerta E., Jáspez D., Lebrón R., et al., liqDB: a small-RNAseq knowledge discovery database for liquid biopsy studies, *Nucleic Acids Res.* 47, D113, 2019.

GRUPO #8

Research Group on PDE's in Kinetic Theory, Quantum-Kinetics, Fluid Mechanics and Developmental Biology

Página web: <https://www.ugr.es/~kinetic/>

Coordinador: Juan Soler Vizcaíno

NIF: 27266095D

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: L-4627-2014

Código ORCID: 0000-0002-8683-5994

Número de componentes: 13

Líneas de investigación:

- Fluid mechanics: Euler and Navier-Stokes equations.
- Transport equations: kinetic equations, Vlasov and Boltzmann systems, Fokker-Planck kernels.
- Particle/fluid interaction: fragmentation and coagulation kernels.
- Quantum mechanics: nonlinear Wigner and Schrödinger-type equations, semiconductor theory.
- Discrete evolution models in kinetic and quantum-kinetic equations.
- Stochastic equations.
- Asymptotic and hydrodynamic regimes.
- Biomathematics. Mathematics and life sciences: models of development.
- General Relativity.

Tres contribuciones científicas:



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Soler J., Vortex filament method, IMA J. Numer. Anal. 10(1), 75-102, 1990.
- Soler J., I-infinity stability for weak solutions of the Navier-Stokes equations in $r(3)$ with singular initial data in Morrey spaces, J. Math. Anal. Appl. 187(2), 513-525, 1994.
- Bellomo N., Bellouquid A., Nieto J., et al., Multiscale biological tissue models and flux-limited chemotaxis for multicellular growing systems, Math. Mod. Meth. Appl. S 20(7), 1179-1207, 2010.

GRUPO #9

Materials for Health Group

Página web: <https://wp.icmm.csic.es/csc/>

Coordinadora: María del Puerto Morales Herrero

NIF: 11769085P

Cargo/Puesto de trabajo: Investigador Científico

Organismo al que está vinculado: CSIC, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid

Researcher ID: A-4558-2011

Código ORCID: 0000-0002-7290-7029

Número de componentes: 8

Líneas de investigación:

- Biomateriales.
- Síntesis de nanopartículas en disolución y pirólisis.
- Química de superficies.
- Aplicaciones biomédicas de nanopartículas magnéticas: transporte de fármacos, imagen RMN e hipertermia.
- Nanoestructuras para catálisis.

Tres contribuciones científicas:

- Villanueva A., Cañete M., Roca A. G., et al., The influence of surface functionalization on the enhanced internalization of magnetic nanoparticles in cancer cells, Nanotechnology 20,115103, 2009.
- Colombo M., Carregal-Romero S., Casula M. F., et al., Biological applications of magnetic nanoparticles, Chem. Soc. Rev. 41, 4306- 4334, 2012.
- Gavilán H., Posth O., Bogart L. K., et al., How shape and internal structure affect the magnetic properties of anisometric magnetite nanoparticles, Acta Mater. 125, 416e424, 2017.

GRUPO #10

Grupo de Investigación en Nanoelectrónica



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Página web: http://investigacion.ugr.es/ugrinvestiga/static/Buscador/*/grupos/ficha/TIC216

Coordinador: Francisco J. Gámiz Pérez

NIF: 29084130D

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: F-4575-2010

Código ORCID: 0000-0002-5072-7924

Número de componentes: 9

Líneas de investigación:

- Tecnología de materiales.
- Física electrónica.
- Nanoelectrónica.
- Materiales semiconductores.
- Física del Estado Sólido.
- Biosensores.

Tres contribuciones científicas:

- Gamiz F., Roldan J. B., Lopez-Villanueva J. A., et al., Surface roughness at the Si-SiO₂ interfaces in fully depleted silicon-on-insulator inversion layers, J. Appl. Phys. 86(12), 6854-6863, 1999.
- Fischetti M. V., Gamiz F., Hansch W., On the enhanced electron mobility in strained-silicon inversion layers, J. Appl. Phys. 92(12), 7320-7324, 2002.
- Padilla J. L., Alper C., Gamiz F., et al., Assessment of field-induced quantum confinement in heterogate germanium electron-hole bilayer tunnel field-effect transistor, Appl. Phys. Lett. 105(8), 082108, 2014.

GRUPO #11

Centro de Instrumentación Científica de la Universidad de Granada: Laboratorio de Mecatrónica

Página web: <https://cic.ugr.es/personal.php?codigo=1001>

Responsable: Rodrigo Agis Melero

NIF: 74660855A

Cargo/Puesto de trabajo: Funcionario

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Número de componentes: -

Líneas de investigación:

- Tecnología de la automatización.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Máquinas-herramienta y accesorios.
- Operaciones mecanizadas.
- Maquinaria industrial especializada.
- Dispositivos y sensores.

Tres contribuciones científicas:

- Ros E., Carrillo R., Ortigosa E. M., et al., Event-driven simulation scheme for spiking neural networks using lookup tables to characterize neuronal dynamics, *Neural Comput.* 18(12), 2959-2993, 2006.
- Guzmán P., Díaz J., Agis R., et al., Optical flow in a smart sensor based on hybrid analog-digital architecture, *Sensors* 10(4), 2975-2994, 2010.
- Shahrivar K., Carreón-González E., Agis R., et al., Aggregation kinetics of carbonyl iron particles under magnetic fields: influence of particle-wall interactions and confinement, VIII ECCOMAS - SMART 2017, Eds. A. Güemes, 852-859, 2017. ISBN 978-84-946909-3-8

GRUPO #12

Hospital Universitario Virgen de las Nieves: Servicio de Dermatología y Venereología Médico Quirúrgica

Página web: https://www.huvn.es/asistencia_sanitaria/dermatologia

Jefe de Servicio y Coordinador: Salvador Antonio Arias Santiago

NIF: 74688416X

Cargo/Puesto de trabajo: Jefe de Servicio y Profesor Titular de Universidad

Organismo al que está vinculado: Servicio Andaluz de Salud y Universidad de Granada

Número de componentes: 19

Líneas de investigación:

- Biomateriales.
- Ingeniería de tejidos.
- Cultivo y crecimiento celular.
- Nuevas técnicas para la fabricación de piel humana.

Tres contribuciones científicas:

- Cutando A., López-Valverde A., Arias-Santiago S., et al., Role of melatonin in cancer treatment, *Anticancer Res.* 32(7), 2747-2753, 2012.
- Carriel V., Garzon I., Jimenez J. M., et al., Epithelial and stromal developmental patterns in a novel substitute of the human skin generated with fibrin-agarose biomaterials, *Cells Tissues Organs* 196(1), 1-12, 2012.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Vano-Galvan S., Molina-Ruiz A. M., Serrano-Falcon C., et al., Frontal fibrosing alopecia: a multicenter review of 355 patients, J. Am. Acad. Dermatol. 70(4), 670-678, 2014.

GRUPO #13

Grupo de sistemas complejos: coloides, polímeros e interfases

Página web: <https://www.ucm.es/grupos/grupo/501>

Coordinador: Francisco Ortega Gómez

NIF: 00792310-Y

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad Complutense de Madrid

Researcher ID: A-2590-2009

Código ORCID: 8910726000

Número de componentes: 10

Líneas de investigación:

- Superficies y nanotecnología.
- Interfases y monocapas.
- Fenómenos críticos en sistemas fluidos.
- Polímeros y materiales poliméricos.

Tres contribuciones científicas:

- Hilles H. M., Ortega F., Rubio R. G., et al., Long-time relaxation dynamics of Langmuir films of a glass-forming polymer: evidence of glassy-like dynamics in two dimensions, Phys. Rev. Lett. 92(25), 255503-1/4, 2004.
- Martínez-Pedrero F., Benet J., Rubio J. E. F., et al., Field-induced sublimation in perfect two-dimensional colloidal crystal, Phys. Rev. E 89, 012306, 2014.
- Tajuelo J., Pastor J. M., Martínez-Pedrero F., et al., Magnetic microwire probes for the magnetic rod interfacial stress rheometer, Langmuir 31, 1410–1420, 2015.

GRUPO #14

SOC&SAM Group

Página web: <http://www.ub.edu/socsam/cms/>

Coordinador: Francesc Sagués Mestre

NIF: 39310209N

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Barcelona

Código ORCID: 0000-0002-2956-5676



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Número de componentes: 9

Líneas de investigación:

- Active soft matter.
- Colloids in complex fluids.
- Liquid crystal alignment on soft ordered films.
- Functional self-assembled monolayers.
- Chiral control in soft monolayers.

Tres contribuciones científicas:

- Ribo J. M., Crusats J., Sagues F., et al., Chiral sign induction by vortices during the formation of mesophases in stirred solutions, *Science* 292(5524), 2063-2066, 2001.
- Guillamat P., Iñes-Mullol J., Sagues F., Taming active turbulence with patterned soft interfaces, *Nat. Commun.* 8, 564, 2017.
- Martínez-Prat B., Iñes-Mullol J., Casademunt J., et al., Selection mechanism at the onset of active turbulence, *Nat. Phys.* 15(4), 362, 2019.

GRUPO #15

Grupo de Ecología

Página web: <http://wpd.ugr.es/~ireche/>

Coordinadora: Isabel Reche Cañabate

NIF: 27513259S

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrática de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: K-7120-2014

Código ORCID: 0000-0003-2908-1724

Número de componentes: 6

Líneas de investigación:

- Spectroscopic properties of dissolved organic matter and bio- and photo reactivity in aquatic ecosystems.
- Interface between dissolved and particulate organic matter: selfassembly, coalescence, and sedimentation.
- Influence of dust inputs in remote aquatic ecosystems: global change implications.
- Microbial biogeography: structuring factors and dispersal.

Tres contribuciones científicas:

- Mladenov N., Sommaruga R., Morales-Baquero R., et al., Dust inputs and bacteria influence dissolved organic matter in clear alpine lakes, *Nat. Commun.* 2, 405, 2011.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Catala T. S., Reche I., Fuentes-Lema A., et al., Turnover time of fluorescent dissolved organic matter in the dark global ocean, *Nat. Commun.* 6, 5986, 2015.
- Martínez-Pérez A. M., Nieto-Cid M., Osterholz H., et al., Linking optical and molecular signatures of dissolved organic matter in the Mediterranean Sea, *Sci. Rep.* 7, 3436, 2017.

GRUPO #16

Grupo de Nanoingeniería de Superficies

Página web: <https://icn2.cat/en/staff-directory?member=557>

Coordinador: Jordi Fraxedas Calduch

NIF: 39667667G

Cargo/Puesto de trabajo: Scientific Researcher

Organismo al que está vinculado: CSIC, Catalan Institute of Nanoscience and Nanotechnology (ICN2)

Researcher ID: G-3135-2013

Código ORCID: 0000-0002-2821-4831

Número de componentes: 6

Líneas de investigación:

- Surface science.
- Water, force probe microscopy.
- Photoelectron spectroscopy.
- Interfacial phenomena.
- Synchrotron radiation.
- Grazing-incidence small-angle X-ray scattering.
- Surface nanoengineering.

Tres contribuciones científicas:

- Mugarza A., Lorente N., Ordejón P., et al., Orbital specific chirality and homochiral self-assembly of achiral molecules induced by charge transfer and spontaneous symmetry breaking, *Phys. Rev. Lett.* 105, 115702, 2010.
- Fraxedas J., *Water at Interfaces: A Molecular Approach*, CRC Press / Taylor and Francis, FL, USA, ISBN-10=1439861048 (22/4/2014)
- Esplandiú M. J., Zhang K., Fraxedas J., et al., Unraveling the operational mechanisms of chemically-propelled motors with micropumps, *Acc. Chem. Res.* 51, 1921-1930, 2018.

GRUPO #17

Grupo de Investigación de Biorreactores – BIO110

Página web: <https://www.ugr.es/~bio110/index.htm>



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Coordinadora: Emilia María Guadix Escobar

NIF: 52520919-M

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrática de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: K-3681-2014

Código ORCID: 0000-0001-7944-7697

Número de componentes: 6

Líneas de investigación:

- Reacciones enzimáticas.
- Tecnología de membranas.
- Técnicas de separación.

Tres contribuciones científicas:

- Garcia-Moreno P. J., Guadix A., Guadix E. M., et al., Physical and oxidative stability of fish oil-in-water emulsions stabilized with fish protein hydrolysates, Food Chem. 203, 124-135, 2016.
- Garcia-Moreno, P. J., Perez-Galvez R., Espejo-Carpio F. J., et al., Functional, bioactive and antigenicity properties of blue whiting protein hydrolysates: effect of enzymatic treatment and degree of hydrolysis, J. Sci. Food. Agr. 97(1), 299-308, 2017.
- Morales-Medina R., Munio M., Guadix A., et al., A lumped model of the lipase catalyzed hydrolysis of sardine oil to maximize polyunsaturated fatty acids content in acylglycerols, Food Chem. 240, 286-294, 2018.

GRUPO #18

Grupo de Coloides

Página web: http://www.ub.edu/fqfar/es/recerca.php?id_recerca=4&id_cat_recerca=2

Coordinador: Joan Estelrich Latras

NIF: 37719289W

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Barcelona

Researcher ID: N-6407-2013

Código ORCID: 0000-0002-1373-3671

Número de componentes: 5

Líneas de investigación:

- Coloides blandos.
- Síntesis.
- Liposomas.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Nanopartículas.

Tres contribuciones científicas:

- Ramos J., Imaz A., Callejas-Fernandez J., et al., Soft nanoparticles (thermo-responsive nanogels and bicelles) with biotechnological applications: from synthesis to simulation through colloidal characterization, *Soft Matter* 7(11), 5067-5082, 2011.
- Garcia-Jimeno S., Estelrich J., Callejas-Fernandez J., et al., Reversible and irreversible aggregation of magnetic liposomes, *Nanoscale* 9(39), 15131-15143, 2017.
- Estelrich J., Busquets M. A., Iron oxide nanoparticles in photothermal therapy, *Molecules* 23(7), 1567, 2018.

GRUPO #19

Grupo de Investigación en Materiales de Carbón

Página web: https://carbon.ugr.es/datos_inicio/

Coordinador: Francisco Carrasco Marín

NIF: 75063195G

Cargo/Puesto de trabajo: Catedrático de Universidad

Organismo al que está vinculado: Universidad de Granada

Researcher ID: B-6699-2008

Código ORCID: 0000-0002-2516-7806

Número de componentes: 17

Líneas de investigación:

- Materiales carbonosos como adsorbentes de contaminantes en fase acuosa y gaseosa.
- Catalizadores y soportes.
- Preparación y caracterización de materiales carbonosos.

Tres contribuciones científicas:

- Betancur S., Carrasco-Marín F., Perez-Cadenas A. F., et al., Effect of magnetic iron core-carbon shell nanoparticles in chemical enhanced oil recovery (CEOR) for ultra-low interfacial tension region, *Energy & Fuels* 33(5), 4158-4168, 2019.
- Castelo-Quibén J., Pastrana-Martínez L. M., Carrasco-Marín F., From polyethylene to highly graphitic and magnetic carbon spheres nanocomposites: carbonization under pressure, *Nanomaterials* 9(4), 606(1)-606(8), 2019.
- Bailón-García E., Maldonado-Hódar F. J., Carrasco-Marín F., et al., The use of functionalized carbon xerogels in cells growth, *Materials Science & Engineering C-Materials for Biological Applications* 100, 598-607, 2019.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

GRUPO #20

Advance Electronic Materials and Devices Group

Página web: <https://aemdgroupp.eu>

Coordinador: Jose Antonio Garrido

NIF: 30541514K

Cargo/Puesto de trabajo: Group Leader

Organismo al que está vinculado: Institut Català de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2)

Código ORCID: 0000-0001-5621-1067

Número de componentes: 18

Líneas de investigación:

- Technology and micro/nanofabrication for advanced electronic devices and systems based on 2D materials.
- Chemical vapor deposition (CVD) of graphene and transition metal dichalcogenide (e.g. MoS₂) films.
- Fundamental electronic and electrochemical phenomena of 2D materials.
- Bioelectronics and biomedical technologies: neural interfaces, neuroprosthetics, cell bioelectronics.
- Electronic and electrochemical biosensors.

Tres contribuciones científicas:

- Pampaloni N. P., Lottner M., Giugliano M., et al., Single-layer graphene modulates neuronal communication and augments membrane ion currents, *Nature Nanotechnology* 13(8), 755-764, 2018.
- Blaschke B. M., Tort-Colet N., Guimerà-Brunet A., et al., Mapping brain activity with flexible graphene micro-transistors, *2D Materials* 4, 025040, 2017.
- Masvidal-Codina E., Illa X., Dasilva M., et al., High-resolution mapping of infraslow cortical brain activity enabled by graphene microtransistors, *Nature Materials* 18(3), 280-288, 2019.

GRUPO #21

MSOC Nanochemistry Group

Página web: <http://www.msocnanochemistrygroup.com/ester-vázquez.html>

Coordinadora: Ester Vazquez

NIF: 05665139D

Cargo/Puesto de trabajo: Associate Professor and Group Leader

Organismo al que está vinculado: Universidad de Castilla-La Mancha

Researcher ID: K-2244-2014



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Código ORCID: 0000-0003-3223-8024

Coordinador del Grupo de Investigación: MSOC Nanochemistry.

Número de componentes: 12

Líneas de investigación:

- Preparation of graphene (Ball Milling & Microwave treatments).
- Functionalization of different carbon nanostructures by covalent and non-covalent approaches.
- Applications in materials and biomedical chemistry.

Tres contribuciones científicas:

- Murera D., Malaganahalli S., Martín C., et al., Few layer graphene does not affect the function and the autophagic activity of primary lymphocytes, *Nanoscale* 11, 10493-10503, 2019.
- González-Domínguez J. M., León V., Lucío M. I., et al., Production of ready-to-use few-layer graphene in aqueous suspensions, *Nature Protocols* 13, 495–506, 2018.
- Martín C., Merino S., González-Domínguez J. M., et al., Graphene improves the biocompatibility of polyacrylamide hydrogels: 3D polymeric scaffolds for neuronal growth. *Scientific Reports* 7, 10942, 2017.

GRUPO #22

Carbon Biotechnology Laboratory

Página web: <http://personal.cicbiomagune.es/mprato/index.php>

Coordinador: Maurizio Prato

NIE: Y4319626X

Cargo/Puesto de trabajo: Group Leader

Organismo al que está vinculado: CIC biomaGUNE

Researcher ID: G-7067-2012

Código ORCID: 0000-0002-8869-8612

Número de componentes: 10

Líneas de investigación:

- Carbon nanotubes for tissue engineering.
- Biosensing based on graphene.
- Diagnostics based on graphene.

Tres contribuciones científicas:

- Alegret N., Dominguez-Alfaro A., Arnaiz J. M., et al., Three-dimensional conductive scaffolds as neural prostheses based on carbon nanotubes and polypyrrole, *ACS Applied Materials and Interfaces* 10(50), 43904-43914, 2018.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Pampaloni N. P., Lottner M., Giugliano M., et al., Single-layer graphene modulates neuronal communication and augments membrane ion currents, *Nature Nanotechnology* 13, 755-764, 2018.
- Dimos K., Arcudi F., Kouloumpis F., et al., Top-down and bottom-up approaches to transparent, flexible and luminescent nitrogen-doped carbon nanodot-clay hybrid films, *Nanoscale* 9, 10256-10262, 2017.

GRUPO #23

Bioinspired Materials Group

Página web: <https://wp.icmm.csic.es/bioinspired-materials/>

Coordinador: Francisco del Monte

NIF: 21478504T

Cargo/Puesto de trabajo: Group Leader

Organismo al que está vinculado: CSIC – Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid (ICMM)

Researcher ID: A-5643-2011

Código ORCID: 0000-0002-2868-0023

Número de componentes: 8

Líneas de investigación:

- DES in polymerization reactions.
- Nano phase segregation in liquid mixtures of H-bonded co-solvents.
- Ice segregation Induced Self-Assembly (ISISA).

Tres contribuciones científicas:

- Guan L. Z., Gutiérrez M. C., Roldán-Ruiz M. J., et al., Highly efficient and recyclable carbon-nanofiber-based aerogels for ionic liquid-water separation and ionic dehydration in flow-Through Conditions, *Advanced Materials* 31(39), 1903418, 2019.
- Guan L. Z., Gutiérrez M. C., Yuste L., et al., Vortex ring processes allowing shape control and entrapment of antibacterial agents in GO-based particles, *Carbon* 147, 408-418, 2019.
- Gutiérrez M. C., Jobbagy M., Rapun N., et al., A Biocompatible bottom-up route for preparation of hierarchical bio-hybrid materials, *Advanced Materials* 18(9), 1137-1140, 2006.

GRUPO #24

Grupo de Magnetismo de Materiales y Nanomateriales

Página web: <http://magmatnano.grupos.uniovi.es>

Coordinador: Victor Manuel de la Prida Pidal

NIF: 52613606W



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Cargo/Puesto de trabajo: Full Professor and Group Leader

Organismo al que está vinculado: Universidad de Oviedo

Researcher ID: M-1869-2014

Código ORCID: 0000-0001-5541-8816

Número de componentes: 6

Líneas de investigación:

- Magnetic nanowires.
- 3D nanostructured materials.

Tres contribuciones científicas:

- Palmero E. M., Méndez M., González S., et al., Stepwise magnetization reversal of geometrically tuned in diameter Ni and FeCo bi-segmented nanowire arrays, Nano Research 12, 1547–1553, 2019.
- Vega V., Bohnert T., Martens S., et al., Tuning the magnetic anisotropy of Co-Ni nanowires: comparison between single nanowires and nanowire arrays in hard-anodic aluminum oxide membranes, Nanotechnology 23, 465709, 2012.
- Kurlyandskaya G., Sánchez M. L., Hernando B., et al., Giant-magnetoimpedance-based sensitive element as a model for biosensors, Applied Physics Letters 82, 3053-3055, 2003.

En la Tabla 5 se indican otros potenciales usuarios del equipamiento que no son responsables de grupo:

Científico	Uso / Líneas	Proyectos	Frecuencia de uso
Fernando Vereda Moratilla (Dpto. de Física Aplicada, UGR)	Propiedades mecánicas de fluidos capilares	MAT-2016-78778-R, PCIN-2015-051	Semanal
Stefania Nardecchia (Dpto. de Física Aplicada, UGR)	Propiedades mecánicas de hidrogeles magnéticos	H2020-MSCA-IF-2017 (Grant 795318)	Semanal
Mattia Bramini (Dpto. de Física Aplicada, UGR)	Nanosistemas ferrofluidicos para regeneración neuronal	Athenea 3i MARIE SKŁODOWSKA – CURIE COFUND ACTION (Grant SCA3i38)	Semanal
Paola Sánchez Moreno (Dpto. de Física Aplicada, UGR)	Síntesis, caracterización y estudios de toxicidad celular de nanomateriales	Juan de la Cierva Incorporación (Grant IJC2018-036305-I)	Semanal



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

José Manuel Delgado López (Dpto. de Química Inorgánica, UGR)	Propiedades mecánicas de biomateriales. Hidrogeles y materiales biomiméticos	RTI2018-095794-A-C22, RyC-2016-21042, 2016-0648-Fondazione Cariplo, Italy	Semanal
Miguel Ángel Galindo Cuesta (Dpto. de Química Inorgánica, UGR)	Propiedades mecánicas en la nanoescala: moléculas híbridas metal-ADN.	EQC2018-004894-P, CTQ2017-89311-P, P12-FQM-2293	Semanal
Giuseppe Cultrone (Dpto. Mineralogía y Petrología, UGR)	Estudio de arcillas, aglomerantes y suelos	MAT2016-75889-R	Semanal
Santiago Gonzalez Lopez (Dpto. Estomatología y Odontología, UGR)	Adhesión materiales dentales. Propiedades mecánicas implantes	CGL2015-64683-P	Semanal
Alejandro Rodríguez Navarro (Dpto. de Mineralogía y Petrología, UGR)	Propiedades mecánicas de tejidos mineralizados	CGL2015-64683-P, UCE-PP2016-05	Mensual
Antonio G. Checa (Dpto. Estratigrafía y Paleontología, UGR)	Propiedades mecánicas de biominerales	UCE-PP2016-05, CGL2017-85118-P, UCE-PP2016-05	Mensual
Carlos Rodríguez-Navarro (Dpto. de Mineralogía y Petrología, UGR)	Conservación patrimonio	CGL2015-70642-R, UCE-PP2016-05	Mensual
Encarnación Ruiz Agudo (Dpto. de Mineralogía y Petrología, UGR)	Conservación patrimonio	CGL2015-70642-R, UCE-PP2016-05	Mensual
M ^a Victoria Bolaños Carmona (Dpto. Estomatología y Odontología, UGR)	Adhesión materiales dentales. Propiedades mecánicas de implantes	CGL2015-64683-P	Mensual
José María Vicaría Rivillas (Dpto. Ingeniería Química, UGR)	Surfactantes y detergentes	CTQ2015-69658-R, IDI-20120160	Mensual



Juan Manuel Herrera Martínez (Dpto. Química Inorgánica, UGR)	Química inorgánica. Materiales híbridos nanoestructurados. Materiales magnéticos fotoluminiscentes	CTQ2014-56312-P, P11-FQM7756	Mensual
Angel Luis Ortiz Seco (Universidad de Extremadura)	Ensayo de materiales: Propiedades mecánicas	IB-16139, EQC2018-004028-P, MAT2016-76638-R	Mensual
Antonio Manuel Puertas López (Universidad de Almería)	Transición vítrea. Propiedades mecánicas de geles coloidales	PGC2018-101555-B-I00, PCIN2016-013, FIS2015-69022-P	Mensual
Marco Ellero (BCAM - Basque Center for Applied Mathematics)	Fluidos complejos. Reología. Nano y microfluídica. Simulaciones a multiescala: CFD	RTI2018-094595-B-I00	Trimestral
Ramón Pons Pons (IQAC - Instituto de Química Avanzada de Cataluña)	Coloides. Tensioactivos. Emulsiones. Microemulsiones. Soluciones micelares. Estructura. Reología. SAXS. PCS. Electrodo selectivos. Cristales líquidos. Nanotecnología	CTQ2017-88948-P, CTQ2013-41514-P, CTQ2010-14897	Trimestral
Juan José Giner Casares (Universidad de Córdoba)	Monocapas de Langmuir. Interfases. Plasmónica. Nanopartículas	CTQ2017-83961-R, CTQ2017-92264-EXP, RYC-2014-14956	Trimestral
Tomás Sintés Olives (IFISC - Instituto de Física Interdisciplinar y Sistemas Complejos)	Biofísica. Física de polímeros y macromoléculas. Procesos estocásticos. Sistemas coloidales	RTI2018-095441-B-C22, FIS2015-63628-C2-2-R	Trimestral

Tabla 5.- Potenciales usuarios que no son responsables del grupo.

4.3.- Impacto científico-técnico

Creemos que el impacto científico-técnico es alto habida cuenta de que no existen equipos de similares características técnicas en ningún laboratorio de investigación (nacional ni internacional).

El reomicroscopio confocal arroja información precisa (en el espacio y tiempo) sobre los cambios microestructurales experimentados por los materiales, objeto de estudio, al ser sometidos a esfuerzos mecánicos. Por un lado, gran cantidad de **grupos experimentales** podrían medir sus muestras,



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

mientras que por otro lado, gran cantidad de **grupos teóricos** podrían utilizar los datos generados y buscar correlaciones entre la microestructura y funcionalidad del material. Cabe esperar, por tanto, que el laboratorio sirva de **nexo entre grupos experimentales y teóricos** y permita consolidar una **red de investigación** de alto nivel, involucrando muy diversas Universidades y Centros Tecnológicos interesados en evaluar las propiedades mecánicas de materiales también diversos que abarcan, por ejemplo, suspensiones coloidales, productos alimentarios, lubricantes, pinturas y adhesivos.

Claramente, desde un punto de vista estratégico, el laboratorio colocaría a la Universidad de Granada en una **situación muy ventajosa a nivel internacional** visibilizando aún más el equipamiento disponible, y en particular el reomicroscopio confocal. De hecho, tal y como se indicaba en la sección 3.2, tan sólo existen tres equipos similares (dos en EE.UU. y uno en Inglaterra) y ninguno es capaz de superponer campos magnéticos triaxiales.

La calidad de los datos generados por un laboratorio de estas características queda refrendada por el nivel de las publicaciones de los investigadores que trabajan en el mismo (Nature Nanotechnology, Nature Physics, Physical Review E, ...) además de por los Grupos de Investigación de los profesores Blair, Poon y Cohen que disponen de equipos similares (véase la sección 3.2). A pesar de las limitaciones de sus equipos, los resultados se han publicado en **revistas de muy alto impacto** como son Nature y Science. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Cheng, X., McCoy, J. H., Israelachvili, J. N., et al., "Imaging the microscopic structure of shear thinning and thickening colloidal suspensions", Science **333(6047)** (2011) 1276.
- Stradner, A, Sedgwick, H, Cardinaux, F., et al., "Equilibrium cluster formation in concentrated protein solutions and colloids", Nature **432(7016)** (2004) 492.
- Wood, T. A., Lintuvuori, J. S., Schofield, A. B., et al., "A self-quenched defect glass in a colloid-nematic liquid crystal composite", Science **334(6052)** (2011) 79.

El carácter modular de los equipos permite que puedan ser modificados fácilmente para su uso en **aplicaciones concretas** de interés a cada Grupo de Investigación. Algunos ejemplos son los siguientes:

- *Fluidos magneto-reológicos*

Los fluidos magneto-reológicos (MR) son dispersiones de micropartículas de hierro en líquidos Newtonianos (generalmente aceites). En ausencia de campos magnéticos se comportan como sistemas coloidales convencionales. Sin embargo, mediante la aplicación de un campo



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

magnético externo las partículas se magnetizan e interactúan formando estructuras alineadas con el campo magnético externo.

El reomicroscopio confocal de alta velocidad podría utilizarse en combinación con el generador de campos triaxiales para dilucidar el mecanismo de rotura (“*yielding*”) de estos materiales al incrementar el esfuerzo de cizalla aplicado.

- *Fluidos nanoestructurados espesantes*

Los fluidos espesantes son materiales cuya viscosidad aumenta al incrementar la velocidad de deformación y/o esfuerzo de cizalla aplicado. Un ejemplo característico es el caso de las mezclas de almidón en agua a alta concentración. Si bien se trata de un fenómeno bien descrito, las razones por las que se produce el espesamiento no se conocen todavía. Recientemente se han producido grandes avances en el ámbito de las simulaciones a nivel de partícula pero poco se sabe en relación al mecanismo de espesamiento desde un punto de vista experimental.

El reomicroscopio confocal de alta velocidad podría modificarse fácilmente para su uso en sistemas espesantes utilizando flujos de cizalla y compresión con una cámara capaz de impedir la evaporación del solvente. La utilización del reomicroscopio confocal de alta velocidad permitiría estudiar el mecanismo de espesamiento de estos materiales al incrementar el esfuerzo de cizalla aplicado mediante ensayos del tipo *flow reversal*.

- *Sistemas biológicos*

Las dispersiones coloidales de células (p. ej. tumorales) y materia activa (p. ej. superfluidos bacterianos) en medios Newtonianos o hidrogeles son un campo de investigación en auge. En la actualidad se trabaja en la fabricación de andamiajes sobre los que crecer tejidos biológicos en condiciones de reposo, pero es cada vez mayor el interés por estudiar cómo se produce la proliferación celular en presencia de flujo y/o estados de esfuerzo.

El reomicroscopio confocal de alta velocidad podría modificarse fácilmente para su uso con sistemas biológicos introduciendo todo el dispositivo en una cabina de flujo laminar para evitar contaminaciones indeseadas. La utilización del reomicroscopio confocal de alta velocidad permitiría estudiar, por ejemplo, el mecanismo por el cual prolifera un tumor y cómo afecta al mismo la superposición de un esfuerzo externo aplicado. También permitiría estudiar los fenómenos de auto-ensamblado, *shear banding* y *swarming vortices* en colonias bacterianas.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- *Tribología: materiales confinados*

La Tribología es la ciencia que se ocupa de estudiar los fenómenos de lubricación y desgaste entre superficies próximas en movimiento relativo. Entre dichas superficies, lo normal es que exista un líquido (lubricante) que permita controlar la fricción entre asperezas.

El reomicroscopio confocal de alta velocidad podría modificarse fácilmente para su uso en tribología utilizando por ejemplo, un contacto bola-tres platos en lugar de la geometría plato-plato o cono-plato. La utilización del reomicroscopio confocal de alta velocidad permitiría visualizar el contacto al tiempo que se mide la fricción con la única limitación de que las superficies inferiores sean transparentes.

Consideramos que el impacto científico también está avalado por la **calidad de los Grupos de Investigación**. Sus trabajos son reconocidos a nivel internacional habiendo recibido numerosos premios y financiación europea en diversas acciones ERC e impartido comunicaciones plenarios en los más relevantes congresos de la especialidad.

Por otro lado, el **carácter multidisciplinar** del laboratorio reside en el hecho de que se cuenta con Grupos de Investigación de muy diversas disciplinas: Física (Grupos #1, #4, #6, #10, #13 y #14), Química (Grupos #2, #3, #4, #9, #13, #16, #17, #18 y #19), Matemáticas (Grupos #5 y #8), Ingeniería (Grupo #11), Biología (Grupos #1 y #15), Ecología (Grupo #1) y Medicina (Grupos #7 y #12). Además, la mayoría de los Grupos de Investigación pertenecen a Grupos Especializados de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química (p. ej. Grupo Especializado en Coloides e Interfases y Grupo de Reología) así como a Unidades de Excelencia (Modelling Nature).

Cabe esperar también un destacado **impacto tecnológico** en las disciplinas de actuación de los Grupos de Investigación. En concreto, son numerosas las empresas de nanotecnología interesadas en el equipamiento disponible. Algunas con las que tenemos o hemos tenido convenios y contratos de colaboración son:

- Automoción: **Lord Corporation** (<https://www.lord.com/>)
- Salud (Terapia Física, Rehabilitación y Fitness): **Signo Motus** (<https://www.signomotus.it/>)
- Defensa (Dispositivos de Protección del Soldado y/o Plataformas de Defensa): **Y-Flow**, (<http://www.yflow.com/>), **Nanogetic** (<http://www.nanogetic.com/>), **Microliquid** (<https://www.microliquid.com/>) y **Nano-MYP** (<http://nanomyp.com/en/>).
- Lubricantes: **Total Marketing Services** (<https://www.total.com/>).
- Tests de inmunodiagnóstico: **Operon** (<http://www.operon.es/>).



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

- Reología de explosivos: **Maxamcorp Holding S. L.** (<http://www.maxam.net/>).
- Pinturas: **Kolmer S. A.** (<http://www.kolmersa.com/>).

Otras empresas que podrían estar interesadas y con las que se han disfrutado contratos de investigación en el pasado son **Repsol-YPF**, **Basf**, **Unilever PLC** y **Polymat**.

4.4.- Impacto socioeconómico

El reomicroscopio confocal de alta velocidad permite capturar imágenes 3D, de las muestras objeto de estudio, al tiempo que se someten a ensayos reológicos. De esta forma, por primera vez, es posible **correlacionar, directamente, la microestructura interna de los materiales con su comportamiento en régimen de flujo** (viscosidad, viscoelasticidad, punto de rotura, etc).

Es de esperar un fuerte impacto social y económico al menos en tres vertientes:

- la **atracción de talento** para desarrollar su investigación en proyectos que requieran de la utilización del equipamiento disponible en el laboratorio o del análisis de los datos generados para elaborar modelos.
- la publicación de **trabajos de investigación de calidad** en revistas de alto índice de impacto. Se perseguirá, siempre que sea posible, la publicación en abierto.
- la recepción de más **fondos en convocatorias europeas** para financiar investigaciones de vanguardia que hagan uso del laboratorio.

Además de aportar información única, el equipo también es capaz de trabajar con una **gran variedad de muestras** (líquidas, sólidas y semisólidas). Esta característica ha despertado el interés no sólo de investigadores adscritos a Universidades y Centros de Investigación públicos, sino también de numerosas empresas interesadas en comprender el comportamiento mecánico de sus productos para así elaborar nuevas formulaciones y, en consecuencia, productos de mayor calidad. Hasta la fecha, el equipamiento ha despertado el interés de investigadores de 12 Departamentos, además de otras 7 Universidades públicas, 6 Centros de Investigación (4 de ellos del CSIC) y un Hospital Universitario.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

5.- Proyectos de investigación en desarrollo

En la actualidad, en el laboratorio se están desarrollando dos proyectos europeos MSCA:

- (EF-ST)-H2020-MSCA-IF-2017, EU, Grant 795318. IP S. Nardecchia. colP J. de Vicente
- (EF-ST)-H2020-MSCA-IF-2018, EU, Grant 840195. IP S. Roldán-Vargas. colP J. de Vicente

un Proyecto del Plan Nacional de Investigación en Materiales Funcionales:

- PID2019-104883GB-I00. IP J. de Vicente

y un Proyecto de Excelencia de la Junta de Andalucía:

- P18-FR-2465. IP J. de Vicente

Además, en el laboratorio realizan sus actividades un Contratado Athenea 3i (ref. Athenea 3i MARIE SKŁODOWSKA – CURIE COFUND ACTION - SCA3i38) que próximamente firmará un contrato Ramón y Cajal y una Contratada Juan de la Cierva Incorporación (ref. IJC2018-036305-I).

En paralelo, actualmente se mantienen colaboraciones estrechas con los grupos de José Manuel Domínguez Vera y José Manuel Delgado López del Departamento de Química Inorgánica, Juan Antonio Marchal Corrales y Houria Boulaiz Tassi del Departamento Anatomía y Embriología Humana, Guillermo Rus Carlborg del Departamento de Mecánica de Estructuras y Salvador Arias Santiago del Departamento de Medicina y de la Sección de Dermatología del Hospital Virgen de las Nieves.

El listado completo de los proyectos actualmente vigentes se incluye en la Tabla 6.

Triaxial Magnetic Fields for the Control of Bioactive Materials in Bone Engineering	(EF-ST)-H2020-MSCA-IF-2017, EU, Grant 795318	Unión Europea	01/09/2018-31/08/2020	170,121.60 €
Laboratorio de Caracterización Mecánica de Materiales a Diferentes Escalas	EQC2018-005189-P	Infraestructura Plan Estatal I+D+I 2017-2020	01/12/2018-01/11/2019	400,729.00 €
Structure and Dynamics in Active Glass-forming Liquids	(EF-ST)-H2020-MSCA-IF-2018, EU, Grant 840195	Unión Europea	01/06/2019-31/05/2021	160,932.48 €



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Reomicroscopio Confocal de Alta Velocidad	EQC2019-005529-P	Infraestructura Plan Estatal I+D+I 2017-2020	01/01/2019-31/12/2021	522,404.55 €
Magneto-reología en Campos Triaxiales no Estacionarios	P18-FR-2465	Junta de Andalucía		94,800.00 €
Autoensamblado y Propiedades Reológicas de Coloides Magnéticos en Campos no Estacionarios	PID2019-104883GB-I00	MICINN	01/06/2020-30/05/2023	139,150.00 €

Tabla 6.- Proyectos de investigación en desarrollo.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

6.- Inversión realizada

La inversión realizada en el laboratorio se resume en la Tabla 7.

Título del proyecto	Referencia	Entidad financiadora	Duración	Cuantía
Tribo-Rheology of Nanosized MR-Fluids	ERG 517604	Unión Europea	31/08/2005-30/08/2007	40,000.00 €
Materiales de Aplicación Nano y Biotecnológica: Tribo-Reología de Fluidos Magnéticos	MAT-2006-13646-C03-03	MEC	01/10/2006-30/09/2009	91,960.00 €
Tribo-reología de Nuevos Fluidos MR	MAT-2009-14234-C03-03	MICINN	01/01/2010-31/12/2010	14,520.00 €
Confined Magnetorheological Fluids	MAT-2010-15101	MICINN	01/01/2011-31/12/2013	193,600.00 €
Dinámica de Fluidos Magneto-reológicos en la Microescala	P11-FQM-7074	Junta de Andalucía	27/03/2013-01/09/2017	170,877.14 €
Self-assembly and Yielding Behavior of Magnetorheological Fluids in Strongly Confined Flows	MAT-2013-44429-R	MINECO	01/01/2014-31/12/2016	197,551.02 €
Simulation-assisted Design and Characterization of Abrasive Magnetic Suspensions for High Precision Finishing	PCIN-2015-051	H2020, ERA-NET	01/09/2015-29/02/2020	125,000.00 €
Particle Dynamics in Magneto-fluidic Microsystems	MAT-2016-78778-R	MINECO	30/12/2016-29/12/2019	175,000.00 €
Design of Smart Lubricants using the Inverse Ferrofluid Approach	U16-055	TOTAL Marketing Services	01/03/2017-28/02/2018	97,200.00 €



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Triaxial Magnetic Fields for the Control of Bioactive Materials in Bone Engineering	(EF-ST)-H2020-MSCA-IF-2017, EU, Grant 795318	Unión Europea	01/09/2018-31/08/2020	170,121.60 €
Laboratorio de Caracterización Mecánica de Materiales a Diferentes Escalas	EQC2018-005189-P	Infraestructura Plan Estatal I+D+I 2017-2020	01/12/2018-01/11/2019	400,729.00 €
Structure and Dynamics in Active Glass-forming Liquids	(EF-ST)-H2020-MSCA-IF-2018, EU, Grant 840195	Unión Europea	01/06/2019-31/05/2021	160,932.48 €
Reomicroscopio Confocal de Alta Velocidad	EQC2019-005529-P	Infraestructura Plan Estatal I+D+I 2017-2020	01/01/2019-31/12/2021	522,404.55 €
Magneto-reología en Campos Triaxiales no Estacionarios	P18-FR-2465	Junta de Andalucía		94,800.00 €
Autoensamblado y Propiedades Reológicas de Coloides Magnéticos en Campos no Estacionarios	PID2019-104883GB-I00	MICINN	01/06/2020-30/05/2023	139,150.00 €

Tabla 7.- Proyectos de investigación que han financiado el equipamiento disponible en el laboratorio.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

7.- Muestra gráfica de las instalaciones

En la Figura 3 se muestra el generador de campo magnético referido en la memoria.

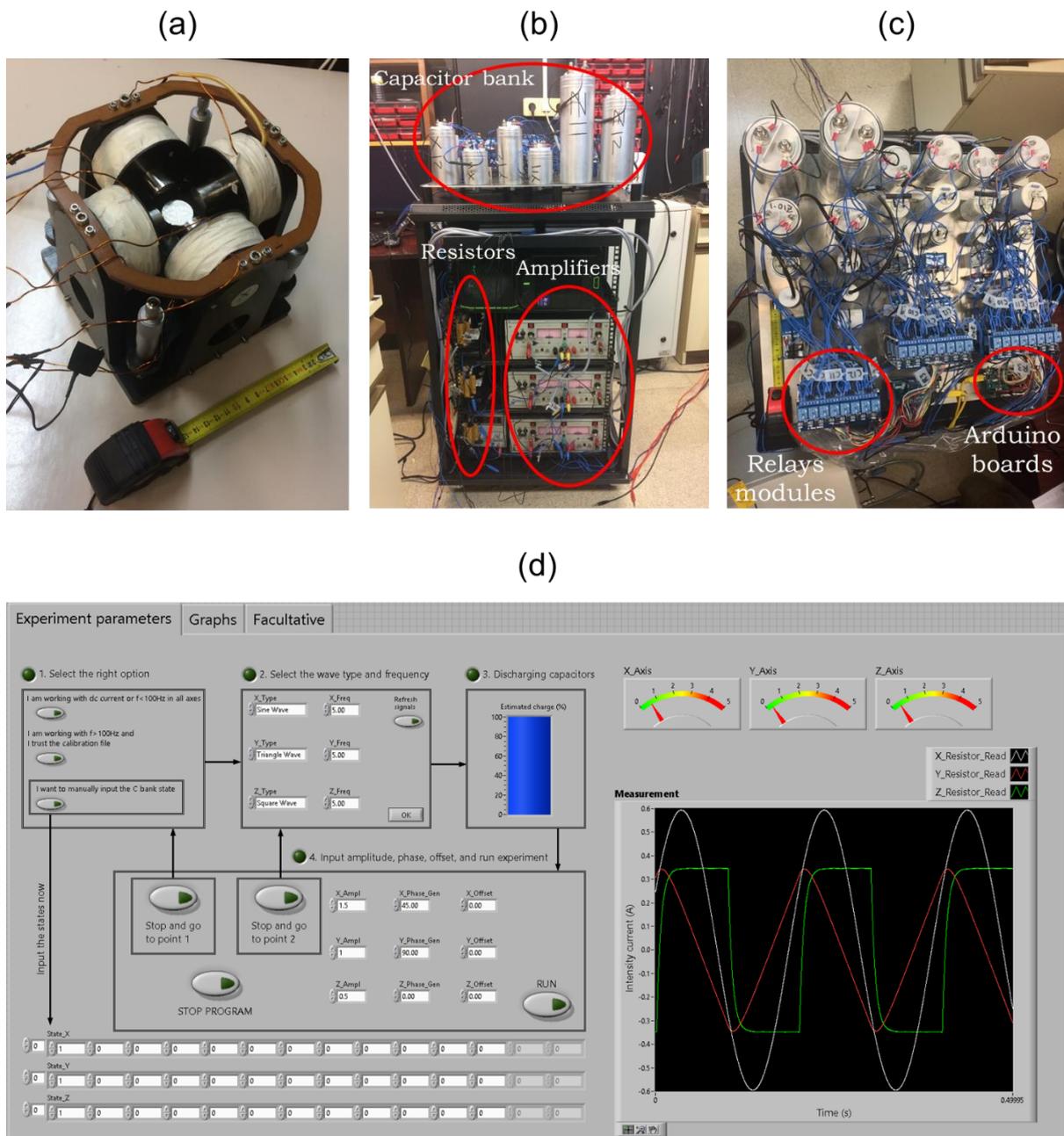


Figura 3.- Generador de campos magnéticos triaxial: (a) Fotografía de uno de los generadores de campo disponibles en el laboratorio. (b) Amplificadores y bancos fractales de condensadores para trabajar a altas frecuencias. (c) Detalle de los bancos fractales. (d) Interfaz de control en LabVIEW.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

En la Figura 4 se muestran dos de los reómetros disponibles en el laboratorio así como varios de los microscopios referidos en la memoria.

(a)



(b)



(c)



(d)

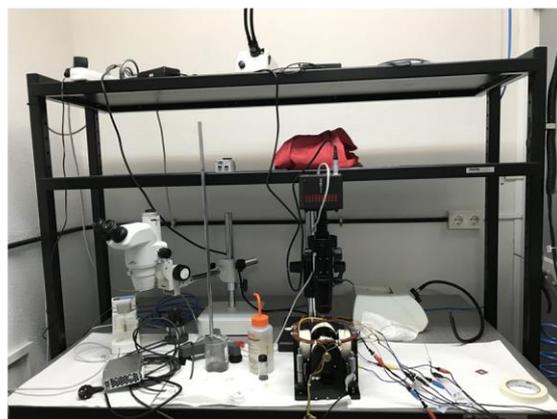


Figura 4.- (a) Reómetro torsional MCR 302 de Anton Paar. (b) Reómetro torsional MCR 501 de Anton Paar. (c) Microscopio invertido de fluorescencia Leica DMI3000b. (d) Estereoscopios Nikon SMZ745-T y Leica Z6 APO.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

8.- Plan de actividades y plan de acceso

Si bien gran parte de los equipos se encuentran ubicados en el sótano del edificio de Física en la Facultad de Ciencias, todo el equipamiento disponible en el laboratorio está a disposición de todos y cuantos Grupos de Investigación estén interesados en su uso. Tanto el nanoindentador como la máquina de ensayos universal de mejores prestaciones de que disponemos están instalados en el **Centro de Instrumentación Científica (CIC)** y su uso reglado por su normativa interna.

En particular, el reomicroscopio confocal de alta velocidad y super-resolución se ofertará en la web institucional del CIC junto con el resto de grandes infraestructuras de la Universidad de Granada. Se contemplará la posibilidad de hacer uso en modo autoservicio con objeto de maximizar su rendimiento. Así, previo a su uso, aquellas personas interesadas deberán haber recibido entrenamiento por parte del investigador responsable del equipo. Para tal fin, se contempla la realización de cursos de manera periódica (al menos 2 cursos al año, dependiendo de la demanda). Dichos cursos se anunciarán en la web institucional. Superado el curso de entrenamiento, será posible reservar el equipo rellenando un cuestionario a través de la referida página web. En la medida de lo posible, se minimizará el tiempo transcurrido desde la realización de la reserva hasta la utilización del equipo.

Hasta la fecha, los gastos de mantenimiento de los equipos del laboratorio son asumibles con cargo a proyectos de investigación. No obstante, si la demanda de uso fuera excesiva se contemplaría la posibilidad de que con cargo a los presupuestos de la Universidad de Granada, el Centro de Instrumentación Científica (CIC) se hiciera cargo de dicho mantenimiento. En el CIC existe personal Técnico (55 personas), Doctorados y Licenciados, con la cualificación necesaria para el manejo de equipos similares que podrían ser entrenados, llegado el caso. El alto nivel científico-técnico del personal adscrito al CIC, hace que acudan a él numerosos investigadores, tanto de esta universidad como de otras, ya sea a nivel regional, como a nivel nacional o internacional. Este hecho viene demostrado por el sostenido incremento de la demanda de uso por muy diversos investigadores.



UNIVERSIDAD
DE GRANADA

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

9.- Responsable

Juan de Vicente Álvarez-Manzaneda (<https://www.ugr.es/~jvicente/>) se licenció en Ciencias Físicas por la Universidad de Granada en 1998. Desde entonces viene trabajando en el campo de la Reología de fluidos complejos y nanomateriales en general, y fluidos magneto-reológicos en particular. Durante su etapa de formación postdoctoral orientó su investigación al estudio de la Reología en película delgada y Tribología de emulsiones, dispersiones de nanopartículas y soluciones poliméricas. En la actualidad es Catedrático de Universidad. Posee tres tramos de investigación (último 2011-16) y uno de transferencia (2005-2014).

Desde el año 2000 ha publicado 138 artículos JCR (índice h = 32, más del 90 % en Q1). Entre los artículos JCR destacan: 1 “Highly Cited Paper” (Soft Matter), 6 “Review papers” (Nanomaterials x2, e-rheo-iba, ChemPhysChem & Soft Matter x2), 2 “Invited papers” (J. Rheol. & Rheol. Acta), 2 “Cover papers” (J. Rheol. & Soft Matter), 3 “Invited papers for special issues” (J. Rheol., Rheol. Acta & Soft Matter), 1 “Recommended paper” (Soft Matter), 1 “Featured paper” (J. Rheol.), 1 “Influential Article. Highly-cited article” (J. Rheol.), 1 “Highlight” (Smart Mater. Struct.), 1 “Hot Paper” (Soft Matter) and 1 “Kaleidoscope” (Phys. Rev. E). Es coinventor de 7 patentes (2 PCT) y coautor de 4 informes técnicos para empresas privadas, 5 libros, 33 capítulos de libro y 204 comunicaciones en Congresos Internacionales.

Ha impartido seis Conferencias Plenarias en los congresos de mayor relevancia en el ámbito de su investigación (International Conference on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions ininterrumpidamente desde 2012) y 13 Conferencias Invitadas (Keynotes). Hasta el momento ha participado en 41 proyectos y 15 contratos de investigación, y ha sido Investigador Principal de un total de 14 proyectos y 2 contratos (> 2.5 M€), financiados con fondos públicos (H2020, VI Programa Marco de la UE, Plan Nacional de Investigación y Junta de Andalucía) y privados (Total Marketing Services, Maxamcorp Holding S.L., Unilever R&D, PDVSA, Repsol-YPF, Kolmer S.A., Rylesa, Polymat, Y-Flow y Operon).

Es revisor externo de la Deutsche Forschungsgemeinschaft (German Research Foundation), Research Foundation Flanders (FWO Holland), REPRISE - MIUR - CNGR (Italian Ministry of Education), Romanian National Council, Latvian Council of Science, Czech Science Foundation, Academy of Finland, King Abdullah University of Science and Technology (KAUST), Government Agency of National Science Centre (NCN Poland) y evaluador para la AEI, ANEP y ANECA.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

Sirve de revisor en más de 80 revistas y es Chief-Editor de 16 revistas internacionales. Entre ellas cabe destacar *Rheologica Acta*, la revista oficial de la Sociedad Europea de Reología. Es vocal de la Junta de Gobierno de la Sociedad Española de Reología y del grupo Especializado de Coloides e Interfases. También es miembro del International Organizing Committee de los congresos International Conference on Electrorheological Fluids and Magnetorheological Suspensions desde julio de 2018.

Ha dirigido nueve Tesis Doctorales (M. T. López-López, E. Andablo-Reyes, J. P. Segovia-Gutiérrez, M. Wulff-Pérez, A. Merino-Martos, J. A. Ruiz-López, A. Funes, K. Shahrivar y J. R. Morillas), 15 Tesis de Máster, 7 Trabajos fin de Grado y un Trabajo fin de Carrera.



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

Vicerrectorado de Investigación
y Transferencia
Servicio de Gestión de Investigación

10.- Informe del Centro

Véase anexo