

**Departamento de Ciencia y Tecnología de
Materiales y Fluidos**

**Memoria de Actividades
Año 2019**



Universidad de Zaragoza



Memoria de Actividades Año 2019

**Departamento de Ciencia y Tecnología de
Materiales y Fluidos**



Universidad de Zaragoza



Departamento de
Ciencia y Tecnología de
Materiales y Fluidos
Universidad de **Zaragoza**

1542

**Departamento de Ciencia y Tecnología de
Materiales y Fluidos**

Memoria de Actividades Año 2019

Universidad de Zaragoza

PRÓLOGO

Queridos compañeros, presentamos la memoria del Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos que recoge las contribuciones de sus miembros a la actividad de la Universidad de Zaragoza. Los datos presentados se refieren al curso 18/19 para las actividades docentes y al año natural 2019 para el resto. A pesar de las dificultades presupuestarias el departamento sigue desarrollando una intensa actividad académica e investigadora, manteniendo tanto su calidad como su cantidad. En este periodo se han defendido 23 Trabajos de Fin de Grado, 7 Trabajos de Fin de Máster y 3 Tesis Doctorales bajo la dirección de alguno de nuestros miembros del departamento (dos de ellas defendidas fuera de la Universidad de Zaragoza). Con respecto a la actividad investigadora se ha participado en 23 Proyectos de Financiación Pública y en 26 Contratos con Financiación Industrial. Se han publicado 53 Artículos en Revistas Internacionales, ha habido 49 Comunicaciones a Congresos y 5 Patentes (últimos 5 años). Nuestras felicitaciones en particular a Javier Fernández Pato por el premio extraordinario de doctorado.

Muchas gracias a todos, docentes, investigadores, administrativos, técnicos, becarios y colaboradores, por vuestro esfuerzo y trabajo bien hecho.

Pilar García Navarro
Director de Departamento
Zaragoza, Abril 2020

Índice

Prólogo

1 Estructura del Departamento	1
1.1 Sede Central	1
1.2 Áreas de Conocimiento y Centros	1
1.3 Cargos del Departamento	2
1.4 Actividades de Gestión Académica e Investigadora del Departamento	3
1.5 Miembros del Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica	4
1.6 Miembros de Área de Mecánica de Fluidos	6
1.7 Personal del Negociado	8
2 Actividad Docente del Departamento.	9
2.1 Docencia en la EINA, ZARAGOZA	9
2.2 Docencia en Facultad de Ciencias, ZARAGOZA	12
2.3 Docencia en Facultad de Educación, ZARAGOZA	13
2.4. Docencia en la EUPS, HUESCA	13
2.5 Docencia en la EUP, TERUEL	14
2.6 Docencia en la EUP La Almunia	14
2.7 Trabajo Fin de Grado	15
2.8 Trabajo Fin de Máster	18
2.9 Tesis Doctorales Leídas	19
2.10 Conferencias y Seminarios	20
2.11 Divulgación	20
2.12 Premios y Reconocimientos	20
3 Actividad de I+D+i del Área de Ciencia de Materiales e Ing. Metalúrgica	21
3.1 Líneas de Investigación	21
3.2 Técnicas Experimentales más relevantes	28
3.3 Proyectos de Investigación con Financiación Pública	31
3.4 Proyectos de Investigación con Financiación Industrial	33
3.5 Publicaciones en Revistas Internacionales	34
3.6 Presentaciones en Congresos	38
3.7 Conferencias, Cursos, Visitas y Estancias	43
3.8 Revisor Revistas Científicas	44
3.9 Patentes	45
4 Actividad de I+D+i del Área de Mecánica de Fluidos	47
4.1 Líneas de Investigación	47
4.2 Proyectos de Investigación con Financiación Pública	59
4.3 Proyectos de Investigación con Financiación Industrial	62
4.4 Publicaciones en Revistas Internacionales	65
4.5 Publicaciones en Revistas Nacionales	69
4.6 Presentaciones en Congresos	70
4.7 Participación y Organización de Eventos	74
4.8 Conferencias, Cursos, Visitas y Estancias	74
4.9 Revisor Revistas Científicas	75
4.10 Patentes	75

1.1 SEDE CENTRAL

Dpto. de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos
Escuela de Ingeniería y Arquitectura
Edificio Torres Quevedo. Campus Río Ebro.
María de Luna, 3 - 50018 Zaragoza
Web: <http://ctmyf.unizar.es/>
Tel: 976 76 19 58

1.2 ÁREAS DE CONOCIMIENTO Y CENTROS

Área de Ciencia de Materiales e Ingeniería Metalúrgica:

- Edificio Torres Quevedo, Campus Río Ebro (ver sede central)
Zaragoza. Tel 976 761958.
- Edificio Betancourt, Campus Río Ebro.
Zaragoza. Tel 976 761958.
- Edificio Ada Byron, Campus Río Ebro.
Zaragoza. Tel 976 761958.
- Facultad de Ciencias, Campus San Francisco.
Zaragoza. Tel 976 763432
- Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia (EUP-LA)
Tel 976 600813
- Web: <http://ctmyf.unizar.es/>

Área de Mecánica de Fluidos:

- Edificio Torres Quevedo, Campus Río Ebro (ver sede central)
Zaragoza. Tel 976 761881.
- Edificio Betancourt, Campus Río Ebro.
Zaragoza. Tel 976 761881.
- Edificio Ada Byron, Campus Río Ebro.
Zaragoza. Tel 976 761881.
- Facultad de Ciencias, Campus San Francisco.
Zaragoza. Tel 976 763432
- Escuela Politécnica Superior de Huesca, (EPS-H)
Tel 974 761329
- Escuela Universitaria Politécnica de Teruel (EUP-T)
Tel 978 761148
- Web: <http://ctmyf.unizar.es/>

1.3 CARGOS DEL DEPARTAMENTO

Pilar García Navarro	Directora
Juan Carlos Diez Moñux	Secretario
Miguel Castro Corella.....	Coordinador del ACMIM
María Antonieta Madre Sediles.....	Representante del ACMIM en C. Permanente
Javier Murillo Castarlenas.....	Coordinador del AMF
Pilar Brufau García.....	Representante del AMF en C. Permanente
Macarena Esteban Ballestín	Representante del PAS en C. Permanente

1.4 ACTIVIDADES DE GESTIÓN ACADÉMICA E INVESTIGADORA DEL DEPARTAMENTO

Dña. Macarena Esteban Ballestín	Miembro de la Junta de Escuela EINA.
Dra. Pilar Brufau García	Profesora secretaria de la EINA.
Dr. Norberto Fueyo Díaz	Coordinador del Programa de Doctorado en Mecánica de Fluidos.
	Miembro de la Comisión de Doctorado de la UZ.
Dra. Pilar García Navarro	Miembro Junta Consultiva Académica de la UZ.
Dr. César González Cebollada	Miembro Junta de Escuela EPS (Huesca)
	Comisión de Evaluación de la Calidad del Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural
	Comisión Universitaria del Campus de Huesca
Dr. Ángel Larrea Arbáizar	Director del Dpto. de “Procesado Láser y Materiales para Aplicaciones Energéticas” del ICMA
Dra. M ^a . Dolores Mariscal Masot	Defensora del Universitario
Dr. José Ángel Pardo Gracia	Profesor Secretario del Instituto Universitario de Investigación en Nanociencia de Aragón.
	Miembro de la Comisión Académica del Programa de Doctorado “Física”
	Miembro de la Comisión de Garantía de Calidad del Máster “Materiales Nanoestructurados para aplicaciones Nanotecnológicas”
Dr. Javier Rubín Llera	Vicedirector del Instituto Universitario Mixto de Ciencia de Materiales de Aragón ICMA (CSIC-Universidad de Zaragoza).

1.5 MIEMBROS DEL ÁREA DE CIENCIA DE MATERIALES E INGENIERÍA METALÚRGICA

1.5.1 Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Zaragoza

Catedráticos

Dr. Luis Alberto Angurel Lambán	UZ	976 76 2520	angurel@unizar.es
Dr. Rafael Navarro Linares	UZ	976 76 2529	rnavarro@unizar.es
Dr. José Ignacio Peña Torre	UZ	876 55 5153	jipena@unizar.es
Dr. José Antonio Puértolas Rrafales	UZ	976 76 2521	japr@unizar.es

Profesores Titulares

Dr. Miguel Artigas Alava	UZ	876 55 5139	martigas@unizar.es
Dr. Miguel Castro Corella	UZ	976 76 2528	mcastro@unizar.es
Dr. José Carlos Diez Moñux	UZ	976 76 2526	monux@unizar.es
Dr. Francisco José Lázaro Osoro	UZ	876 55 5152	osoro@unizar.es
Dra. M. Antonieta Madre Sediles	UZ	976 76 2617	amadre@unizar.es
Dra. M. Dolores Mariscal Masot	UZ	976 76 2182	mmarisca@unizar.es
Dr. Mario Mora Alfonso	UZ	876 55 5345	mmora@unizar.es
Dra. Patricia Oliete Terraz	UZ	876 55 5605	poliete@unizar.es
Dr. José Ángel Pardo Gracia	UZ	876 55 5604	jpardo@unizar.es
Dr. Ricardo Ríos Jordana	UZ	976 76 2522	ricrios@unizar.es
Dr. José Antonio Rojo Martínez	UZ	876 55 5136	jarojo@unizar.es
Dr. Javier Rubín Llera	UZ	976 76 2524	jrubin@unizar.es
Dr. Andrés Sotelo Mieg	UZ	976 76 2617	asotelo@unizar.es
Dr. Anselmo Vilellas Malo	UZ	876 55 5141	anvima@unizar.es

Profesores Contratados Doctor

Dr. Hippolyte Amaveda	UZ	876 55 5603	hippo@unizar.es
Dra. Eva Natividad Blanco	UZ	876 55 5311	evanat@unizar.es

Profesores Asociados

D. Miguel Lizaranzu Fernández	UZ	876 55 5141	mlizar@unizar.es
D. José María Calvo Mozota	UZ	876 55 5264	jmcalvomozota@unizar.es
D. Sergio Serrano Lucia	UZ	876 55 5152	sergiose@unizar.es

Investigador Juan de la Cierva

Dra. Bibi Malmal Moshtaghion	UZ	876 55 5601	mali@unizar.es
------------------------------	----	-------------	----------------

Profesor de Investigación del CSIC

Dr. Germán F. de la Fuente Leis	CSIC	976 76 2527	xerman@unizar.es
---------------------------------	------	-------------	------------------

Investigador Científico del CSIC

Dr. Ángel Larrea Arbáizar	CSIC	876 55 5125	alarrea@unizar.es
---------------------------	------	-------------	-------------------

Científico Titular del CSIC

Dra. Elena Martínez Fernández	CSIC	876 55 5263	elenamar@unizar.es
-------------------------------	------	-------------	--------------------

Investigador Distinguido del CSIC

Dr. Miguel Angel Laguna Bercero CSIC 876 55 5152 malaguna@unizar.es

Titulada Superior del CSIC-

Dra. Ing. Ruth Lahoz Espinosa CSIC 976 76 1959 rlahoz@unizar.es

Personal Técnico y Técnico contratado

Ing. Téc. Carlos Luis Estepa Millán	CSIC	976 76 2523	cestepa@unizar.es
D. Carlos Borrell Sanz	CSIC	876 55 5330	cjborrel@unizar.es
D. Sergio Millán Recaj	UZ	876 55 5181	sergiom@unizar.es
D. Alfonso Hernández Hernández	UZ	876 55 5151	alfonsoh@unizar.es
Dña. Celia Mezquita Orero	UZ	876 55 5155	mezquita@unizar.es

Becarios y colaboradores

D. Sergio Alonso Lozano	Becario OTRI
D. Andrés Anadón Bayo	Becario OTRI
D. Alvaro Cubero Ruiz	Contratado Predoctoral
D. Sergio García Álvarez	Becario OTRI
D. Miguel Ángel Morales	Becario OTRI
D. Juan Ramón Soler Costa	Becario OTRI
D. Alejandro Tur Gil	Becario OTRI
D. Luis Porta Velilla	Contrato Investigador (N3)
Dña Lorena Grima Soriano	Contratado Predoctoral
Dña María Díaz Pérez	Becaria OTRI
D. Evan Maina Naivasha	Contrato Investigador
D. Javier Pablo Navarro	Contratado Predoctoral
D. Héctor Santos Barahona	Contrato Investigador
Dña Wei Shao	Investigador visitante
D. Hongtao Li	Investigador visitante
D. Xieng Zhang	Investigador visitante
D. Qiaojun Wu	Investigador visitante
D. Gico Qing Dai	Investigador visitante
D. MD Ashiqur Rahman	Contrato Investigador
D. Zhengfei Zgou	Investigador visitante

1.5.2 Escuela Universitaria Politécnica de La AlmuniaProfesor

Dr. Juan C. Sánchez Catalán 976 600 813 jucasan@unizar.es

1.6 MIEMBROS DEL ÁREA DE MECÁNICA DE FLUIDOS

La mayor parte del personal docente e investigador del AMF está adscrito al Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de Combustión (LIFTEC), Centro Mixto UZ-CSIC.

1.6.1 Escuela de Ingeniería y Arquitectura, Zaragoza

Catedráticos

Dr. Javier Ballester Castañer	976 76 2153	ballester@unizar.es
Dr. Norberto Fueyo Díaz	976 76 2959	Norberto.Fueyo@unizar.es
Dra. Pilar García Navarro	876 55 5057	pigar@unizar.es
Dr. Guillermo Hauke Bernardos	876 55 5315	ghauke@unizar.es

Profesores Titulares

Dr. Francisco Alcrudo Sánchez	876 55 5314	alcrudo@unizar.es
Dr. Jorge Barroso Estébanez	876 55 5247	jbarroso@unizar.es
Dr. Javier Blasco Alberto	876 55 5048	jablasal@unizar.es
Dra. Pilar Brufau García	876 55 5051	brufau@unizar.es
Dr. José Ignacio García Palacín	976 76 2518	ignacio@unizar.es
Dr. Jesús J. Martín Yagüe	876 55 5245	jmartin@unizar.es
Dr. Javier Murillo Castarlenas	876 55 5317	jmurillo@unizar.es

Profesores Contratado Doctor

Dr. Esteban Calvo Bernad	876 55 5312	calvober@unizar.es
Dr. Luis Cerecedo Figueroa	976 76 2672	cerecedo@unizar.es

Profesor Ayudante Doctor

Dr. Radu Mustata	876 55 1881	rmustata@unizar.es
Dr. Mario Morales Hernández	876 55 5057	mmorales@unizar.es

Profesores Asociados

Dr. Antonio Gómez Samper	876 55 5190	antgomez@unizar.es
Dr. Fernando González Miguel	876 55 2672	fgonzalez@unizar.es
D. Javier Fernández Pato	876 55 5057	jfpato@unizar.es

Profesores Eméritos

Dr. Luis Aísa Miguel	876 55 5055	laisa@unizar.es
Dr. César Dopazo García	876 55 5054	dopazo@unizar.es

Colaborador Extraordinario

Dr. Antonio Pascau Benito	976 55 5056	pascau@unizar.es
---------------------------	-------------	------------------

Investigador Científico del CSIC

Dr. Antonio Lozano Fantoba	976 506520	alozano@liftec.unizar-csic.es
Dr. Luis Valiño García	976 506520	valino@liftec.unizar-csic.es

Científicos Titulares del CSIC

Dr. Félix Barreras Toledo	976 506520	felix@liftec.unizar-csic.es
Dr. Santiago Jiménez Torrecilla	976 506520	yago@liftec.unizar-csic.es

Científico Contratado del CSIC

Dra. Cinthia Alegre Gresa	976 506520	alegre@liftec.unizar-csic.es
---------------------------	------------	------------------------------

Personal Técnico y Técnico contratado

D. Alberto Campos Aybar	CSIC 976 506520	alberto@liftec.unizar-csic.es
D. Raúl Losantos Viñuales	CSIC 976 506520	rlosantos@liftec.unizar-csic.es
D. Luis Ojeda Arcas	CSIC 976 506520	lojeda@liftec.unizar-csic.es
D. José Antonio Picazo Alda	CSIC 976 506520	picazo@liftec.unizar-csic.es
D. Antonio Pina Artal	CSIC 976 506520	antonio@liftec.unizar-csic.es
D. Cristina Raga Barciela	CSIC 976 506520	craga@liftec.unizar-csic.es
D. Pedro José Vidal Artal	UZ 976 76 2229	pvidal@unizar.es
D. David Vinués Ulecia	UZ 976 76 2229	dvinues@unizar.es

Becarios y Colaboradores

Dña. Laura Abadía Albas	Becaria OTRI
Dña. Laura Álvarez Manuel	Contrato CSIC
D. Raúl Aparicio Yuste	Proyecto SGI/UZ
D. Diego Aranda Ibáñez	Becario Universa
D. Mohamad Asrardel	Becario FPU
D. Gonzalo Bazán Pérez	Becario UZ PEX y Colaborador Junior N4 OTRI
Dña. Belén Bonet Sánchez	Becario UZ PEX y Prácticas Universa
D. Ramón Chordá Pérez	Técnico LC en SGI y OTRI
Dra. Ana Cubero García	Colaborador Senior N1 en SGI y OTRI
Dña. Isabel Echeverribar Pérez	Proyecto SGI/UZ
Dña. Eva Escribano Tambo	Proyecto SGI/UZ
D. Guillermo Fantoni	Becario UZ PEX y Prácticas Universa
D. Javier Fernández Pato	Doctorado Industrial Hydronia Europe
D. Daniel Galindo	Becario OTRI
D. Eduardo Gimeno Escobedo	Colaborador Junior N4 SGI
D. Geovanny Gordillo	Becario Banco de Santander
D. Andrea Grande Cabello	Becario OTRI
D. Denis Hernández	Proyecto OTRI
Dra. María Herrando Zapater	Colaboradora Senior N1 en OPE y OTRI
D. Pedro Horno Maggioni	Becario FEUZ
D. Miguel Jiménez Tardos	Becario UZ PEX y Prácticas Universa
D. Diego Irisarri Jiménez	Becario SGI
D. Fernando Lizarraga Rocal	Becario OTRI
D. Víctor Llorente Lázaro	Proyecto SGI/UZ
D. Sergio Martínez Aranda	Becario FPI
D. Javier Melero Bepin	Proyecto OTRI
D. Andrés Moneva Yus	Becario UZ PEX y Prácticas Universa
D. Jorge Monzón Marín	Colaborador Junior N4 OTRI
D. Adrián Moros Sebastián	Proyecto OTRI
D. Álvaro Muelas Expósito	Becario FPU
D. Adrián Navas Montilla	Becario OTRI

Dra. Pilar Remacha Gayán	Proyecto OTRI
Dña. Ana Pilar Ruiz Garcés	Proyecto CSIC
Dr. Álvaro Sobrino Calvo	Proyecto OTRI
D. Ángel Soria Lozano	Proyecto OTRI
D. Jorge Torrubia Torralba	Proyecto OTRI
D. Eduardo Tizné Larroy	Proyecto OTRI

Personal Administrativo

Dña. Olga Cebolla Pérez 876 76 1881 olgac@unizar.es

1.6.2 Facultad de Ciencias, Zaragoza

Catedrática

Dra. Pilar García Navarro 876 55 5057 pigar@unizar.es

1.6.3 Escuela Politécnica Superior, Huesca

Profesor Titular

Dr. Ricardo Aliod Sebastián 974 23 9329 raliod@unizar.es

Profesor Contratado Doctor

Dr. César González Cebollada 974 29 2660 cesargon@unizar.es

Becarios Colaboradores

D. Carlos Schilardi Sícoli Beca TC-Doctorado Santander-UZ

1.6.4 Escuela Universitaria Politécnica de Teruel

Profesor Asociado

D. David Perales Cortel 978 61 8153 dperales@unizar.es

1.7 PERSONAL DEL NEGOCIADO

Jefe de Negociado

Dña. M. Macarena Esteban Ballestín 876 55 5132 macaeste@unizar.es

Administrativo

Dña. M. Soledad Martín Almeida 976 76 1958 somartin@unizar.es

ACTIVIDAD DOCENTE DEL DEPARTAMENTO.

2.1 DOCENCIA EN LA EINA. ZARAGOZA

2.1.1 Grados

2.1.1.1 Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

Curso	Asignatura	Profesores
1	<i>Materiales</i>	A. Sotelo, M.A. Madre
1	<i>Ampliación de Materiales y Procesos</i>	M.A. Madre

2.1.1.2 Grado en Ingeniería Eléctrica

Curso	Asignatura	Profesores
2	<i>Ingeniería de Materiales</i>	M. Mora
2	<i>Mecánica de Fluidos</i>	L. Cerecedo

2.1.1.3 Grado en Ingeniería Mecánica

Curso	Asignatura	Profesores
2	<i>Fundamentos de Ingeniería de Materiales</i>	H. Amaveda, P.B. Oliete M. Artigas, M. Mora
2	<i>Tecnología de Materiales</i>	J.I. Peña, M. Castro L.A. Angurel
2	<i>Mecánica de Fluidos</i>	P. Brufau, J.J. Martín, J. Barroso
2	<i>Máquinas e Instalaciones de Fluidos</i>	E. Calvo, Fco. Alcrudo L. Cerecedo
2	<i>Diseño de Instalaciones de Fluidos</i>	J. Barroso, J. Blasco
4	<i>Materiales Industriales Avanzados</i>	R. Ríos, A. Villellas
4	<i>Hidráulica y Neumática Industrial</i>	I. García

2.1.1.4 Grado en Ingeniería Electrónica y Automática

Curso	Asignatura	Profesores
2	<i>Ingeniería de Materiales</i>	J. Rubín, J.C. Diez
3	<i>Mecánica de Fluidos</i>	N. Fueyo

2.1.1.5 Grado en Ingeniería Química

Curso	Asignatura	Profesores
2	<i>Ingeniería de Materiales</i>	M.A. Madre
1	<i>Física II</i>	Fco.J. Lázaro, J. Rubín, J.A. Pardo
2	<i>Mecánica de Fluidos</i>	G. Hauke, J. Blasco
3	<i>Fluidotecnia</i>	J. Ballester
3	<i>Experimentación en Ingeniería Química</i>	F. Alcrudo
4	<i>Diseño de Instalaciones de Fluidos</i>	J. Blasco, J. Barroso

2.1.1.6 Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

Curso	Asignatura	Profesores
2	<i>Fundamentos de Ingeniería de Materiales</i>	J.A. Rojo, L.A. Angurel, H. Amaveda
2	<i>Mecánica de Fluidos</i>	I. García, P. García, N. Fueyo
2	<i>Máquinas e Instalaciones de Fluidos</i>	J. Murillo, E. Calvo, G. Hauke
2	<i>Tecnología de Materiales</i>	A. Villellas, J.A. Puértolas, R. Ríos
4	<i>Diseño de Instalaciones de Fluidos</i>	J. Blasco, J. Barroso

2.1.2 Actividades Académicas Complementarias

Cuatrim	Asignatura	Profesores
-	<i>Reciclado de Materiales para un Desarrollo Sostenible</i>	R. Ríos
-	<i>Recursos Hídricos</i>	P. García, J. Murillo
-	<i>Introducción a la Mecánica de Fluidos Computacional</i>	P. García

2.1.3 Másteres Universitarios

2.1.3.1 Máster Universitario en Arquitectura.

Asignatura	Profesores
<i>Materiales Innovadores en Arquitectura</i>	M. Castro

2.1.3.2 Máster Universitario en Ingeniería Biomédica.

Asignatura	Profesores
<i>Materiales y Tratamientos Superficiales para Prótesis e Implantes</i>	M. Castro, J.A. Pardo
<i>Biomecánica y Biomateriales</i>	J.A. Puértolas, E. Natividad
<i>Ingeniería de Tejidos y Andamiajes</i>	J.I. Peña
<i>Tecnologías de Captación de Imágenes médicas</i>	Fco.J. Lázaro

2.1.3.3 Máster Universitario en Ingeniería Industrial.

Asignatura	Profesores
<i>Ingeniería de Fluidos</i>	F. Alcrudo, J. Ballester, J. Barroso
<i>Máquinas e Instalaciones de Fluidos</i>	L. Cerecedo
<i>Materiales para Aplicaciones Industriales</i>	Fco.J. Lázaro, A. Villellas, R. Ríos
<i>Tecnología Láser en Aplicaciones Industriales</i>	J.I. Peña, J.C. Diez
<i>Modelos y Simulación de Fluidos e Instalaciones</i>	P. García

2.1.3.4 Máster Universitario en Ingeniería Mecánica.

Asignatura	Profesores
<i>Deformación y Fractura de Materiales</i>	L.A. Angurel
<i>Materiales Avanzados en Ingeniería Mecánica</i>	R. Ríos, A. Villellas
<i>Centrales Hidráulicas y Eólicas</i>	G. Hauke, E. Calvo
<i>Instrumentación y Simulación de Flujo de Fluidos</i>	J. Murillo, E. Calvo

2.1.3.5 Máster Propio en Ingeniería de Tuberías.

Asignatura	Profesores
<i>Principios de Termodinámica.</i>	F. Alcrudo
<i>Mecánica de Fluidos. Conceptos básicos</i>	F. Alcrudo
<i>Cálculo de pérdidas de carga</i>	F. Alcrudo
<i>Hidráulica práctica</i>	F. Alcrudo

2.1.3.6 Máster Propio en Rotating Machinery.

Título	Profesores
<i>Principles of Turbomachinery</i>	F. Alcrudo
<i>Pumps & applications</i>	G. Hauke

2.1.3.7 Departamentos-G-9/Libre Elección en Másteres.

Asignatura	Profesores
<i>Reciclado de Materiales</i>	R. Ríos
<i>Recursos Hídricos</i>	P. García

2.2 DOCENCIA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS, ZARAGOZA**2.2.1 Grados****2.2.1.1 Grado en Física**

Curso	Asignatura	Profesores
4 y 5	<i>Física de Fluidos</i>	P. García

2.2.1.2 Grado en Física y Matemáticas

Curso	Asignatura	Profesores
4 y 5	<i>Física de Fluidos</i>	P. García

2.2.2 Másteres Universitarios**2.2.2.1 Máster Universitario en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas.**

Asignatura	Profesores
<i>Preparación de Materiales Nanoestructurados</i>	J.A. Pardo
<i>Caracterización I: Técnicas Físico-Químicas</i>	J. Rubín, J.A. Pardo
<i>Trabajo Multidisciplinar Académicamente Dirigido</i>	J.A. Pardo

2.2.2.2 Máster Universitario en Física y Tecnología Físicas.

Asignatura	Profesores
<i>Ciencia de Materiales</i>	M. Castro, M. Artigas
<i>Seguridad y Procesos Industriales con Láser</i>	J.I. Peña
<i>Temas Avanzados de Física</i>	J.C. Diez

2.2.2.3 Máster Universitario Erasmus Mundus en Ingeniería de Membranas.

Asignatura	Profesores
<i>Preparación de Materiales Nanoestructurados</i>	J.A. Pardo

2.3 DOCENCIA EN LA FACULTAD DE EDUCACIÓN, ZARAGOZA**2.3.1 Másteres Universitarios****2.3.1.1 Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas, Artísticas y Deportivas.**

Asignatura	Profesores
<i>Contenidos Disciplinarios de Tecnología</i>	M. Castro, R. Ríos

2.4 DOCENCIA EN LA EPS, HUESCA**2.4.1 Grado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural.**

Curso	Asignatura	Profesores
3	<i>Hidráulica</i>	C. González
1	<i>Física II</i>	C. González
4	<i>Redes de Riego</i>	R. Aliod

2.4.2 Grado en Ciencias Ambientales.

Curso	Asignatura	Profesores
1	<i>Bases Físicas del Medio Ambiente</i>	C. González
2	<i>Meteorología y Climatología</i>	C. González

2.4.3 Máster en Ingeniero Agrónomo

Curso	Asignatura	Profesores
1	<i>Recursos Hídricos e Instalaciones Hidráulicas</i>	R. Aliod

2.4.4 Máster en Propio en Gestión Sostenible del Agua

Curso	Asignatura	Profesores
1	<i>Ecohidrodinámica Fluvial</i>	R. Aliod
1	<i>El agua en la Agricultura</i>	R. Aliod

2.5 DOCENCIA EN LA EUP, TERUEL

2.5.1 Grado en Ingeniería Electrónica y Automática.

Curso	Asignatura	Profesores
1	<i>Termodinámica Técnica y Fundamentos de Transmisión de Calor</i>	D. Perales
1	<i>Mecánica de Fluidos</i>	D. Perales

2.6 DOCENCIA EN LA EUP LA ALMUNIA

2.6.1 Grado en Ingeniería Mecatrónica.

Asignatura	Profesores
<i>Ingeniería de Materiales</i>	J.C. Sánchez-Catalán

2.6.2 Grado en Ingeniería de Organización Industrial (Formato presencial y on_line)

Asignatura	Profesores
<i>Ingeniería de Materiales</i>	J.C. Sánchez-Catalán

2.7 TRABAJO FIN DE GRADO

- AUTOR: María Pilar Alcaine Ginés
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Química, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Mario J. Mora
TÍTULO: Optimización de suspensiones coloidales de $\text{Bi}_2\text{X}_2\text{Co}_2\text{O}_8$ (X=Sr, Ba o Ca) para la obtención de láminas gruesas termoeléctricas.
- AUTOR: Santiago Asín Marzo
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Sergio Martínez y Pilar García Navarro
TÍTULO: Calibración y validación de modelos morfodinámicos para la caracterización de la erosión en presencia de pilas de puente.
- AUTOR: Alberto Benedicto Parrilla
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Pilar Brufau
TÍTULO: Simulación 2D de la rotura de presa de Malpasset con los modelos Iber y Riverflow2D.
- AUTOR: Fernando Cacho Mairal
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Javier A. Murillo
TÍTULO: Simulación mediante un modelo hemodinámico de la circulación coronaria izquierda y derecha en las regiones arterial y venosa.
- AUTOR: Alberto Calderón Cumbreño
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Química, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Javier A. Blasco
TÍTULO: Estudio hidráulico y evaluación de costes de un oleoducto.
- AUTOR: Antonio Carnicer Salvo
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Norberto Fueyo
TÍTULO: Análisis tecnoeconómico de sistemas de trigeneración solar para el sector agroalimentario.
- AUTOR: Juan Cigudosa Antoñanzas
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Javier A. Blasco
TÍTULO: Diseño de sistema de climatización para piscina exterior mediante paneles solares térmicos.
- AUTOR: Emilio José Escobedo Sevilla
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Guillermo Hauke y Diego Irisarri
TÍTULO: Simulación avanzada de flujo turbulento en turbomáquinas mediante el método de elementos finitos.

AUTOR: Guillermo Fantoni Rubio
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Norberto Fueyo
TÍTULO: Modelado del flujo fluido y transferencia de calor en paneles solares híbridos PVT.

AUTOR: Pablo Franco Cabello
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Pilar Brufau y Pilar García Navarro
TÍTULO: Calibración del coeficiente de rugosidad del flujo en un canal abierto mediante análisis experimental y numérico.

AUTOR: Diego García Galán
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Ricardo Ríos y Bauer Bénédict
TÍTULO: Desarrollo de monofilamentos hilados en fusión con una mayor rigidez a la flexión para su uso en stents poliméricos de calentamiento inductivo.

AUTOR: Andrea Grande Cabello
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Química, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Javier Ballester
TÍTULO: Caracterización del funcionamiento y eficiencia del filtro de grasas de campanas extractoras integradas en encimeras de inducción.

AUTOR: Javier Guallart Huertas
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Guillermo Hauke y Ye Qin-Zhong
TÍTULO: Implementation of an HTTP server using a high-performance microcontroller.

AUTOR: Ana Hernández Sanz
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Javier Blasco
TÍTULO: Climatización de una piscina exterior con placas solares.

AUTOR: Miguel Jiménez Tardós
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Norberto Fueyo
TÍTULO: Desarrollo de un modelo dinámico del proceso de secado de una lavadora secadora.

AUTOR: Francisco Javier Lansaque González
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: José I. Peña y Bibi Malmal Moshtaghion
TÍTULO: Preparación y caracterización del compuesto eutéctico $MgAl_2O_4$ - Mg_2SiO_4 obtenido por solidificación direccional con láser.

- AUTOR: María Lobato Téllez
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: José I. Peña y Bibi Malmal Moshtaghion
TÍTULO: Procesado por fusión zonal con láser, caracterización y estudio de las propiedades ópticas de fibras eutécticas del sistema MgO-Y₂O₃.
- AUTOR: Luis Montañés Álvarez
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Ricardo Ríos
TÍTULO: Estudio de las propiedades ante la corrosión de aceros inoxidable austeno-ferríticos (dúplex) mediante ensayos de polarización.
- AUTOR: Jorge Monzón Marín
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Tecnología Industriales, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Norberto Fueyo
TÍTULO: Investigación y caracterización del circuito de aire de una lavadora secadora.
- AUTOR: Aurora Fernanda Pérez Jiménez
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Patricia Oliete e Iker Ibero
TÍTULO: Análisis microestructural y estudio de dureza en piezas de sistemas de transmisión.
- AUTOR: Álvaro Ramos Pérez
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Sergio Martínez y Pilar García Navarro
TÍTULO: Desarrollo de un modelo de simulación numérica de flujo transitorio bicapa en aproximación de aguas poco profundas.
- AUTOR: Ricardo Ríos Ruíz
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Anselmo Villellas
TÍTULO: Estudio del comportamiento ante la corrosión electroquímica de varios aceros inoxidable y superaleaciones mediante ensayos de polarización.
- AUTOR: Alejandro Solano Campo
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Pilar Brufau
TÍTULO: Cuantificación de la infiltración durante una inundación en el tramo Castejón de Ebro-Zaragoza del río Ebro mediante simulación numérica.

2.8 TRABAJO FIN DE MÁSTER

AUTOR: Chabier Andrés Buey
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Jorge Barroso y Javier Ballester
TÍTULO: Análisis de fugas por microporos en tuberías de gas natural.

AUTOR: Gonzálo Pérez Bazán
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Norberto Fueyo
TÍTULO: Análisis fluido-dinámico de la caja de intercambiadores de una lavadora secadora.

AUTOR: María Díaz Pérez
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Biomédica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Lorena Grima y José Ig. Peña
TÍTULO: Preparación y caracterización microestructural, mecánica y de bioactividad de un material cerámico dentro del sistema $\text{CaSiO}_3\text{-CaMg}(\text{SiO}_3)_2\text{-Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

AUTOR: Lidia Gómez Sanz
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Hippolyte Amaveda
TÍTULO: Design of a spinal actuator for a lower back support used in industrial applications.

AUTOR: Pedro Marco Morales
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Javier A. Blasco y Alexey Flidider
TÍTULO: Análisis CFD de una bomba de impulsión.

AUTOR: Luis Porta Velilla
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Miguel Castro y Luis A. Angurel
TÍTULO: Tratamientos superficiales de biomateriales metálicos mediante radiación láser para generar una superficie con propiedades antibacteriano.

AUTOR: Adrián Boldoba Laña
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza
DIRECTOR: Antonio Monzón y Luis A. Angurel
TÍTULO: Desarrollo de sensores con materiales grafiticos.

2.9 TESIS DOCTORALES LEÍDAS

DOCTORANDO: Javier Fernández Pato
DIRECTORA: Pilar García Navarro, Reinaldo García
TÍTULO: Performance assessment of finite volume methods in transient simulations of hydraulic processes.

DOCTORANDO: Elisabetta di Francia (Politécnico de Turín – Italia)
DIRECTORA: Ruth Lahoz
TÍTULO: A systematic study of laser ablation efficacy as a low-invasive cleaning technique for Cu-based alloys.

DOCTORANDO: Mireya Lapo (Politécnica de Valencia)
CODIRECTORES: Javier Martínez Solano, Ricardo Aliod Sebastián
TÍTULO: Diseño óptimo de sistemas de riego a presión para su explotación.

2.10 CONFERENCIAS Y SEMINARIOS

SEMINARIO: Acero Inoxidable, Fabricación y Aplicaciones
PONENTE: D. Luis Peiró
EMPRESA: ACERINOX/CEDINOX
ORGANIZA: Miguel Castro Corella
LUGAR: Salón Actos. Edificio Ada Byron. EINA. Universidad de Zaragoza
FECHA: 3 de Diciembre, 2019

2.11 DIVULGACIÓN

ACTIVIDAD: “Una ingeniera en cada cole” Cuarta Edición. Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas de Aragón (AMIT-Aragón)
PARTICIPANTES: Lola Mariscal, María Herrando y más de 100 mujeres que trabajan en el ámbito de la ingeniería. Se realizaron actividades y talleres divulgativos sobre la Ciencia y la Tecnología. María Herrando fue responsable de taller en uno de los colegios.
OBJETIVO: Acercar a los Colegios de Primaria las profesiones técnicas y científicas de modo práctico y participativo.

LUGAR: CEIP Domingo Miral, 2 clases de 4º y 5º curso Primaria.
DESARROLLO: Talleres que impartió la Dra. María Herrando a 53 alumnos en total sobre carga máxima en estructuras con naipes para los alumnos de 4º de primaria y otro, sobre torres resistentes a fenómenos meteorológicos, hechas con espaguetis y plastilina para los alumnos de 5º de primaria.
FECHA: 11 de abril, 2019

LUGAR: CEIP Rosales del Canal 2 clases de 4º Primaria.
DESARROLLO: Taller de Materiales impartido por la Dra. Lola Mariscal.
FECHA: 12 de marzo, 2019

2.12 PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS

Dr. María Herrando Zapater - Premio Tercer Milenio - Diciembre de 2019 finalista del Premio Tercer Milenio en la categoría "Joven Talento Investigador".

D. Luis Porta Velilla, finalista en el IV Premio ACERINOX 2019

ACTIVIDAD DE I+D+i DEL ÁREA DE CIENCIA DE MATERIALES E INGENIERÍA METALÚRGICA

3.1 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. Materiales y tratamientos láser para mejorar rendimientos energéticos

Las tecnologías láser han demostrado su eficacia en la producción y procesado de materiales cerámicos, metálicos y compuestos y su interés industrial. Se consiguen menores consumos energéticos y uso de materias primas, mejores prestaciones durante su vida útil y nuevas funcionalidades; menor rozamiento, reducida adherencia, mayor pasivación... Esta línea se basa en la aplicación de estas tecnologías a distintos materiales para mejorar los rendimientos energéticos en sistemas de generación y transporte de energía eléctrica con cuatro grandes líneas de investigación,

i) *Actualización y desarrollo de técnicas láser con las nuevas fuentes láser.*

Se estudia la interacción láser materia en función de la duración de los pulsos, la longitud de onda, la potencia de radiación, la temperatura del soporte, la velocidad de barrido del haz, etc. explotando las posibilidades crecientes que ofrecen los nuevos sistemas láser de pulsos ultracortos. Se quiere mantener y mejora las ventajas competitivas de estas técnicas para reforzar la cultura de la innovación y transferencia a las empresas.

ii) *Tratamiento de materiales y funcionalización de superficies mediante láser.*

El uso de nuevos láser pulsados de radiación ultravioleta con pulsos de picosegundos permite el texturado superficial de superficies metálicas (acero, aluminio, titanio, níquel...) para darles nuevas funcionalidades como color, carácter hidrófobo, prevenir oxidación... Además, la realización de estos tratamientos en el interior hornos (hornos-láser) permite desarrollar nuevos procesos de fabricación de materiales cerámicos y de vidrios.

iii) *Materiales superconductores.*

Se abordan problemas concretos de los hilos conductores y de los sistemas contruidos con ellos relativos a su estabilización eléctrica y térmica para su

operación. Se incide sobre los límites tecnológicos de los bobinados superconductores que dificultan su utilización en el desarrollo de sistemas eléctricos de potencia y aerogeneradores (anclajes térmicos, uniones, procesos de penetración del campo magnético) y en nuevas configuraciones de los hilos conductores, que se caracterizan experimentalmente y se modelizan.

iv) *Materiales termoeléctricos.*

En estos materiales de naturaleza cerámica y formados por óxidos que posee un elevado interés en el aumento de la eficiencia energética se trabaja en el desarrollo de métodos de fabricación escalables de materiales termoeléctricos tipo-p y tipo-n de altas prestaciones. Se incide en los métodos de preparación de precursores cerámicos y en la mejora de las propiedades termoeléctricas de los diferentes materiales por medio de dopados y/o procesos de alineamiento de grano

3.1.2 Estudio microestructural de materiales

Utilizando las técnicas de microscopía electrónica de barrido (SEM) y de transmisión (TEM) con análisis de la energía de los rayos X dispersados (EDX), así como microscopía óptica de luz polarizada, se aborda la caracterización microestructural de los materiales que se producen y su evolución con el procesado térmico y mecánico. Algunos aspectos particulares son:

- i) La determinación cuantitativa de la orientación y alineamiento de los granos de SAT cerámicos en los distintos procesos de texturado y estudio de las fases existentes en cada caso.
- ii) El estudio de la microestructura de aceros especiales y aceros dúplex (estructura ferrita austenita) en función de la temperatura de tratamiento.
- iii) El estudio de la microestructura y equilibrio de fases en procesos de solidificación controlada.
- iv) Estudio de relaciones de orientación, intercaras y hábitos de crecimiento en eutécticos cerámicos solidificados direccionalmente.

3.1.3 Fractura y fatiga de materiales

Se investiga el comportamiento mecánico de materiales en condiciones extremas considerando:

- i) La resistencia a la ruptura y a la fatiga de materiales metálicos para usos estructurales y su correlación con la microestructura.

- ii) El comportamiento predictivo de fallos en servicio de sistemas metálicos en entornos agresivos (calderas de centrales térmicas,...)
- iii) Desarrollo de sensores on-line para mantenimiento predictivo.

3.1.4 Polímeros

La investigación se encamina al estudio del comportamiento dinámico de polímeros.

La dinámica molecular se estudia en el ámbito mecánico, dieléctrico y térmico a través del estudio de la anelasticidad, permitividad compleja y calor específico dinámico. Se utilizan las técnicas de análisis térmico mecano-dinámico, espectroscopia de relajación dieléctrica.

En los polímeros en general se caracterizan las relajaciones secundarias y las asociadas a la transición vítrea.

La investigación incluye también la dinámica de otros procesos relacionados con la cristalización, el entrecruzamiento o la conductividad extrínseca.

3.1.5 Materiales magnéticos nanodispersos

- i) Dinámica del momento magnético de partículas magnéticas nanométricas.

En particular el estudio comprende:

- Consideración de anisotropía monopartícula de tipo general.
- Características de la susceptibilidad no lineal.
- Profundización en las ecuaciones que gobiernan la dinámica del momento magnético.
- Determinación del comportamiento magnético de ensamblajes de partículas mediante técnicas de simulación.

- ii) Magnetismo de aleaciones nanoestructuradas en el rango diluido.

Se trabaja en la correlación entre el comportamiento magnético y la microestructura, especialmente la debida a tratamientos térmicos. El objetivo último es obtener información global del material, a escala nanoscópica, que complemente la obtenida mediante otras técnicas de caracterización. En particular se estudia la aleación cobre-cobalto, pero se persiguen resultados de interés general en aleaciones.

- iii) Magnetismo de nanocompuestos de matriz zeolítica de uso en catálisis.

Estudio de los efectos de los tratamientos térmicos en tamices moleculares, mediante la observación, por métodos magnéticos, microscopia electrónica de transmisión y espectroscopia Mössbauer del crecimiento de partículas nanométricas de los metales u óxidos correspondientes.

iv) Agentes de contraste superparamagnéticos para Imagen por Resonancia Magnética.

Caracterización fisicoquímica de los agentes con monitorización de los cambios estructurales producidos y asociación con la farmacodinamia resultante en su administración, con objeto de potenciar el contraste, en pacientes sometidos a pruebas de imagen por resonancia magnética.

3.1.6 Materiales magnéticos nanoestructurados.

i) Multicapas magnéticas nanoestructuradas.

Son materiales candidatos a ser utilizados como componentes en espintrónica, donde al control sobre la corriente de electrones se añade el control sobre los espines de éstos. En particular, estudiamos multicapas de espesor nanométrico de Fe/Si. Investigamos sus propiedades magnéticas para el caso de tres bicapas Fe/Si crecidas sobre diversos sustratos, así como la morfología de las interfaces Fe sobre Si y Si sobre Fe, y la estabilidad térmica de las multicapas a altas temperaturas. Las muestras se producen por deposición capa a capa mediante evaporación por haz de electrones. Para el estudio de la morfología se utilizan técnicas de microscopía electrónica de transmisión, reflectividad de rayos X y efecto Kerr magneto-óptico, y técnicas espectroscópicas como la espectroscopía de fotoelectrones con rayos X estándar (XPS) y de rayos X duros (HAXPES), y la espectroscopía Mössbauer de conversión electrónica (CEMS). En algunos casos se producen muestras específicas con hierro enriquecido en el isótopo Fe-57 para estudios selectivos en profundidad con CEMS.

ii) Nanopartículas de Co aleadas con metales de transición pesados.

Se estudian la formación, microestructura y propiedades magnéticas de multicapas de partículas de Co de unos pocos nanómetros de diámetro recubiertas de capas nanométricas de metales de transición como W, Pt, Au o Pd. El Co depositado crece como nanopartículas con estructura cristalina fcc y dispuestas en un red bidimensional hexagonal, y presenta anisotropía magnética perpendicular al plano de deposición. El segundo metal de transición se deposita con la intención de incrementar la anisotropía. Se estudian las posibles aleaciones con el Co, así como la modificación en las propiedades magnéticas, en particular la anisotropía. Además de técnicas de caracterización magnética y estructural estándar se utilizan técnicas de radiación sincrotrón como EXAFS y XMCD.

3.1.7 Biomateriales

- i) Desarrollo de prótesis y ortesis con materiales de memoria de forma Ni-Ti.

Se trabaja en aplicaciones del material biocompatible Ni-Ti en medicina desarrollando prototipos de stens para el aparato digestivo y elementos de uso en traumatología y rehabilitación.

La investigación parte de la caracterización termo-mecánica del material relacionado con la memoria de forma de un camino, de dos caminos y la superelasticidad.

Se trabaja también en el diseño con estos materiales mediante elementos finitos, modelizando el carácter termo-mecánico, como paso previo para el estudio del comportamiento del prototipo en condiciones de trabajo simuladas.

Se intenta mejorar la biocompatibilidad del Ni-Ti mediante modificaciones superficiales y tratamientos térmicos que produzcan barreras a la posible lixiviación del níquel y también se incorporan recubrimientos inorgánicos para la liberación de fármacos, en colaboración con otras áreas de la Universidad de Zaragoza.

- ii) Polietileno de ultra alto peso molecular (UHMWPE) en prótesis articulares.

Este tipo de polietileno se viene utilizando desde varias décadas como material de interposición en el 80 % de las prótesis totales de cadera y de rodilla. La investigación se centra en alargar su vida operativa para reducir el riesgo de una segunda intervención. Para ello es necesario obtener un material resistencia al desgaste, a la oxidación *in vivo*, y con altas prestaciones mecánicas respecto a rigidez, tenacidad y resistencia a fatiga.

El grupo trabaja en la mejora del polietileno mediante radiación gamma o haces de electrones que reticulan las cadenas poliméricas con lo que se mejora el desgaste. La estabilidad oxidativa después de la irradiación, necesaria para evitar la fragilización del material, se consigue mediante procesos térmicos que afectan a las propiedades mecánicas, así como la incorporación de antioxidantes naturales que rompen la cadena de reacciones de los radicales libres con el oxígeno.

También se ha estudiado el recubrimiento de UHMWPE con una capa de carbono (DLC) para la disminución de fricción, y el desgaste que contribuya a una menor incidencia en la osteolisis o pérdida de hueso periprotésico.

En colaboración con la Fundación “Jiménez Díaz”, se analiza la influencia que determinadas modificaciones superficiales del polietileno provocan sobre la adherencia y formación de biopelículas.

Además de lo anteriormente señalado, otra línea recientemente se ha abierto para la mejora del UHMWPE con la incorporación de nanotubos de carbono y grafeno para obtener un material con mejores prestaciones mecánicas, tribológicas y de estabilidad química. Algunas de estas acciones se han

extendido al PEEK (polieteretercetona) que es un material que presenta algunas propiedades superiores al UHMWPE.

3.1.8 Propiedades térmicas de materiales

- i) **Caracterización térmica:** Mediante medidas de capacidad calorífica y de conductividad térmica se caracterizan diferentes materiales y se estudian sus transiciones de fase ligadas a los ordenamientos magnéticos, transiciones metal-aislante, superconductoras, estructurales y de ordenamiento de carga. También se deducen las anomalías térmicas asociadas a la influencia del campo cristalino en los niveles de energía y las debidas a la presencia de baja dimensionalidad magnética. Además, se realizan medidas de conductividad térmica en materiales de interés tecnológico, como materiales magnetocalóricos y resinas para impresión 3D.
- ii) **Refrigeración magnética:** Actualmente, se están estudiando compuestos RCrO₄ con interés en refrigeración magnética y en concreto, para la licuación de hidrógeno o gas natural. También, materiales moleculares basados en gadolinio para mejorar la refrigeración magnética a temperaturas criogénicas.
- iii) **Estudio del coeficiente específico de absorción de suspensiones coloidales de nanovarillas de oro:** Se ha desarrollado un equipo calorimétrico, basado en un calorímetro diferencial de barrido, para la medida de la capacidad de calentamiento bajo irradiación láser de suspensiones de nanovarillas de oro de interés para hipertermia óptica. Durante este año se ha extendido el estudio a otros tipos de agentes fototérmicos de oro con diferentes formas geométricas o otros materiales. Las medidas experimentales se complementan con cálculos teóricos mediante modelos analíticos y DDA.
- iv) **Hipertermia magnética:** En esta línea del ICMA se abordan los retos actuales de la terapia de hipertermia magnética mediante la preparación y caracterización de sistemas de nanopartículas magnéticas biocompatibles. Se ha estudiado la influencia del medio dispersivo y de la disposición de las partículas en el mismo en su capacidad de calentamiento bajo la acción de un campo magnético alterno, demostrándose el papel negativo que juega la aglomeración descontrolada de nanopartículas magnéticas en su capacidad de calentamiento. En agrupaciones 3D similares a las observadas en vesículas de células, se perdería hasta el 84% del rendimiento. Como solución se proponen nuevos tipos de nano-objeto en los que las nanopartículas se encuentran pre-organizadas, evitándose así que puedan organizarse libremente, y se demuestra su eficiencia.
- v) **Desarrollo instrumental:** Se ha trabajado en la automatización completa y en el desarrollo de nuevas funcionalidades de las instalaciones de magnetotermia adiabática, instrumentación no convencional desarrollada por el grupo de propiedades térmicas.

3.1.9 Pilas de combustible

La investigación se centra en el estudio de materiales para pilas de combustible. En particular, trabajamos en pilas de combustible de óxido sólido, las cuales operan a temperaturas elevadas (500°C-1000°C). Abordamos el estudio de electrolitos, ánodos y cátodos, desde la fabricación y el procesado de los materiales el estudio de sus propiedades físicas (conductividad, estructura, microestructura, etc.).

Las condiciones a que están sometidos estos materiales en uso son severas (alta temperatura, ciclados térmicos, condiciones oxidantes y reductoras, etc.), por lo que existe campo para investigar en la búsqueda y optimización de los más idóneos. Serán aquellos que soporten mejor los ciclos y altas temperaturas o que, con mejores conductividades permitan reducir la temperatura de trabajo.

Disponemos de una instalación experimental para medir curvas I-V de las monoceldas que se fabrican. En particular, fabricamos y caracterizamos fundamentalmente pilas de geometría microtubular, y también disponemos de una instalación para caracterizar pilas planares.

Por último, también utilizamos la tecnología láser para realizar nuevos diseños que aplicamos a la fabricación de las pilas de combustible.

3.2 TÉCNICAS EXPERIMENTALES MÁS RELEVANTES

◆ Laboratorio de Metalografía y Metalurgia.

- Microscopios metalográficos, pulidoras y muflas de tratamiento hasta 1600 °C.
- Sistemas de ensayos no destructivos: ultrasonidos, yugo magnético y líquidos penetrantes.
- Sistemas para la producción de cables: lingotera, trefiladora, martilladora y laminadoras.
- Cortadoras de metales y cerámicas, torno, fresadora y taladro.

◆ Laboratorios de preparación, crecimiento y texturado de materiales.

- Laboratorio de preparación de materiales cerámicos dotado de: balanza de precisión, rota-vapor, molino de bolas, prensa axial, prensa isostática, hornos tubulares de distinta longitud con sistemas homogeneizadores de la temperatura (heat pipes) y muflas.
- Laboratorio de corte y pulido de materiales dotado de: cortadora por electroerosión, cortadora de disco MINITON, cortadora de hilo o de discos (LOGITECH) y pulidoras automáticas de fuerza controlada.
- Horno de Inducción (hasta 500 kHz y 12 kVA) permite la preparación de pequeñas cantidades de aleaciones metálicas (conductoras) en atmósfera controlada y con levitación del material fundido (crisol frío). Igualmente permite el tratamiento de fusión zonal móvil (0.5 m) en hilos y alambres de materiales conductores.
- Prensa hidráulica (15 ton, Specac) para el conformado de UHMWPE y UHMWPE con MWNT.

◆ Laboratorio de procesamiento de materiales por láser

- Laboratorio de crecimiento de materiales mono- y poli-cristalinos por fusión zonal inducida por radiación láser.
- Sistemas de fusión por zona flotante y fusión por zonas (en plano) aplicada al crecimiento de monocristales, vidrios y materiales microestructurados.
- Sistemas de marcaje, corte y soldadura por láser.
- Sistemas de modificación superficial: aleado, plaqueado de sustratos metálicos, endurecimiento por transformación, limpieza de superficies, transformación de superficies cerámicas, recubrimientos por reacción en superficie,...

Estos sistemas constan de diferentes láseres acoplados a varias cámaras de tratamiento dotadas de sistemas de movimiento de las piezas tratadas y de monitorización de los procesos (pirómetros, cámaras de vídeo). El laboratorio cuenta con los siguientes láseres: láser de CO₂ de 250 W, continuo y pulsado desde 0 a 2 kHz, láser de CO₂ de 50 W continuo, pulsado y sintonizable desde 9.1 a 10.9 μm, láser slab de CO₂ de 300 W, láser de Nd:YAG de 100 W continuo, láser de Nd:YAG de 65 W conmutado en Q (0 a 30 kHz) con sistema de movimiento de espejos galvanométricos, láser Nd:YAG pulsante con emisión en longitudes de onda de 1064, 532 y 355 nm, láser de diodo de 400 W continuo y una longitud de onda de 808 nm,

láser de fibra emitiendo pulsos de 3W y 300 ps a 355 nm, láser de fibra emitiendo pulsos de 8 W y 800 ps a 1064 nm, láser de fibra capaz de emitir pulsos de hasta 70 W con anchuras de pulso entre 2 y 200 ns.

◆ **Caracterización eléctrica, dieléctrica y magnética de materiales.**

- Sistema de medida de la resistividad eléctrica en metales y aleaciones por la técnica de cuatro puntos desde 77 K hasta temperatura ambiente.
- Sistemas de medida de la corriente crítica y de las características voltaje intensidad en materiales superconductores a 77 K con campos hasta 0.45 T y a 4.2 K con campos hasta 10 T; y corrientes de hasta 875 A en modo continuo y 3000 A en pulsado.
- Sistema de espectroscopia de relajación dieléctrica operativo para frecuencias desde 10^{-4} a 10^6 Hz y en el rango de temperaturas de -150 a 250 °C.
- Sistema de medida de la susceptibilidad magnética ac entre 4.2 y 300 K, con frecuencias hasta 20 kHz y campos de excitación hasta 11 Oe.
- Sistema SQUID (Quantum Design) de medida de la imanación y de la susceptibilidad magnética alterna desde 2 a 800 K en campos hasta 5 T
- Balanza de Faraday con control de temperatura de temperatura ambiente a 1200 °C.

◆ **Caracterización térmica de materiales.**

- Calorimetría adiabática (1.8 K-350 K.) y con campo magnético (0-5T)
- Conductividad térmica Modified transient plane source -50°C a $+200^{\circ}\text{C}$, 0-100W/mK
- Calorimetría diferencial de Barrido (DSC) y con excitación luminosa (100 K-900 K.)
- Conductividad térmica por método estacionario (1.8 K-350 K.)
- Equipo de magnetotermia adiabática (50-500 KHz; 0-4 KA/m)
- Equipo de magnetotermia no adiabática (temperatura ambiente, 50-500 kHz; 0-2 kA/m).

◆ **Laboratorio de caracterización mecánica de materiales.**

- Máquina de tracción LLOYD dotada de una cámara térmica -100 a 500° . Con células de carga de 500 y 5000 N y software de control.
- Durómetros Rockwell y Brinell, microdurómetros Vickers y péndulo Charpy.
- Analizador térmico mecano-dinámico (DMTA) de la firma Rheometric Scientific en el rango de temperaturas -150 a 500°C , para ensayos de anelasticidad, y termofluencia en diferentes modos: tracción, compresión y cizalla.
- Máquina universal de ensayos INSTRON célula de carga de 5000 N.
- Tribómetro tipo bola sobre disco para la medida del coeficiente de fricción y del desgaste.

◆ **Laboratorio de Espectroscopía Mössbauer.**

- Espectrómetro de efecto Mössbauer en ^{57}Fe , con fuente de ^{57}Co de hasta 25 mCi. Medidas a temperatura ambiente o en crio-refrigerador hasta 15 K.

Detectores proporcional (Mössbauer estándar) y de CEMS (conversion electrons Mössbauer spectroscopy) a temperatura ambiente.

♦ **Laboratorio de Pilas de Combustible.**

- Medidas de permeación de gases (He, Ar, H₂, N₂, O₂)
- Caracterización electroquímica (OCV, Curvas I-V, espectroscopia de impedancias, etc.)

3.3 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIACIÓN PÚBLICA

1. *Diseño microestructural y caracterización in-situ de nuevos materiales para SOFC.*
FINANCIACIÓN: MINECO. MAT 2015-68078-R
INVESTIGADOR PRAL: A. Larrea
PARTICIPANTES: J.I. Peña, M.A. Laguna-Bercero, R. Lahoz
DURACIÓN: 2016-2019

2. *PHOBIC2ICE – Super-IcePhobic Surfaces to Prevent Ice Formation on Aircraft.*
FINANCIACIÓN: Comunidad Europea, H2020-MG_SingleStage-A Topic MG-1.9-2015 Type of action RIA (Grant 690819)
ENTIDADES PART.: TECPAR, INTA, CSIC (UNIZAR), AIRBUS DEFENCE AND SPACE GMBH
INVESTIGADOR PRAL: X.F. de La Fuente
PARTICIPANTES: L.A. Angurel, C. Estepa, C. Borrell, R. Lahoz
DURACIÓN: 2016-2019

3. *Nuevas funcionalidades de materiales cerámicos procesados por láser en el campo de la energía.*
FINANCIACIÓN: MINECO. MAT2016-77769-R
INVESTIGADOR PRAL: M.L. Sanjuán
PARTICIPANTES: P.B. Oliete, J.I. Peña, B. Malmal
DURACIÓN: 2017-2020

4. *Materiales y módulos termoeléctricos para aplicaciones a altas temperaturas.*
FINANCIACIÓN: MINECO-FEDER (MAT2017- 82183-C3-1-R)
INVESTIGADOR PRAL: A. Sotelo
PARTICIPANTES: M.A. Madre, J.C. Diez, M.A. Torres
DURACIÓN: 2018-2021

5. *Estudio del efecto Magnetocalórico y fototérmico de nuevos materiales.*
FINANCIACIÓN: MINECO MAT2017-86019-R
INVESTIGADOR PRAL: M. Castro, E. Palacios
DURACIÓN: 2018-2020

6. *Nanoestructuras espintrónicas para tecnologías de la información con eficiencia energética.*
FINANCIACIÓN: MINECO (MAT2017-82970-C2-1-R)
INVESTIGADOR PRAL: L. Morellón, J.A. Pardo
PARTICIPANTES: J.A. Pardo
DURACIÓN: 2018-2020

7. *ED-ARCHMAT (European Doctorate in Archaeological Materials Science).*
FINANCIACIÓN: Comisión Europea (EU H2020 – ITN MARÍE CURIE)
INVESTIGADOR PRAL: G.F. de La Fuente
PARTICIPANTES: L.A. Angurel
DURACIÓN: 2018-2022

8. *SPRINT (Ultra-versatile Structural PRINTing of amorphous and tuned crystalline matter on multiple substrates).*
 FINANCIACIÓN: Comisión Europea (EU H2020 – FETOPEN-RIA-2017-2)
 INVESTIGADOR PRAL: G.F. de La Fuente
 PARTICIPANTES: L.A. Angurel, C. Borrell, C. Estepa
 DURACIÓN: 2018-2022
9. *NANOFLOW (Nanostructured multilayered architectures for the development of optofluidic responsive devices, smart labels and advanced surface Functionalization).*
 FINANCIACIÓN: CSIC (ICMS). (PN MAT2016-79866-R)
 INVESTIGADOR PRAL: F. Yubero
 PARTICIPANTES: G.F. de La Fuente
 DURACIÓN: 2016-2019
10. *Funcionalización de materiales con tecnologías láser y retos tecnológicos para mejorar rendimientos en energía renovable y sostenible.*
 FINANCIACIÓN: MINECO Agencia Estatal de Investigación y Programa Europeo FEDER (ENE2017-83669-C4-1-R)
 INVESTIGADOR PRAL: L.A. Angurel, E. Martínez
 PARTICIPANTES: H. Amaveda, A. Cubero, M. Mora, R. Navarro, J.A. Rojo
 DURACIÓN: 2018-2020
11. *FOTOSENS (Nuevos procesos industriales sostenibles para la producción de dispositivos fotovoltaicos integrables en sensores y sistemas autónomos).*
 FINANCIACIÓN: Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades. Proyecto Retos Colaboración (RTC-2017-5857-3)
 ENTIDADES PART.: Francisco Albero S.A., Fundació Institut de Recerca de Lenergia de Catalunya, ICMA
 INVESTIGADOR PRAL: L.A. Angurel
 PARTICIPANTES: H. Amaveda, M. Mora, L. Porta
 DURACIÓN: 2018-2021
12. *LASER4FUN / European ESRs Network on short pulsed laser micro/nanostructuring of surfaces.*
 FINANCIACIÓN: UNION EUROPEA (Grant Agreement No 675063)
 INVESTIGADOR PRAL: J.I. Peña
 DURACIÓN: 2015-2019
13. *Prótesis y ortesis poliméricas articulares basadas en PEEK conformadas por impresión 3D (PROPEEKAM).*
 FINANCIACIÓN: RIS3 Aragón, Diputación General de Aragón. LMP21_18
 ENTIDADES PART.: Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (Universidad de Zaragoza), AITIIP, Arahealth
 INVESTIGADOR PRAL: J.A. Puértolas
 PARTICIPANTES: L. Gracia, A. Herrera, F.J. Medel, E. Ibarz, S. Puértolas, J. Pascual, G. Vicente Guerrero, D. Roba, P. Castell
 DURACIÓN: 2018-2019

3.4 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIACIÓN INDUSTRIAL

1. *Nuevas formulaciones y procesos para aplicaciones tecnológicas.*

FINANCIACIÓN: Proyecto CDTI. TORRECID, S. A.

INVESTIGADOR PRAL: L.A. Angurel

PARTICIPANTES: M. Mora, H. Amaveda

DURACIÓN: 2018-2020

2. *Desarrollo de tratamientos láser para obtener superficies en acero inoxidable con nuevas funcionalidades.*

FINANCIACIÓN: Proyecto CDTI. ACERINOX

INVESTIGADOR PRAL: L.A. Angurel

PARTICIPANTES: G.F. de la Fuente, M. Castro, H. Amaveda, M. Mora, E. Martínez

DURACIÓN: 2019-2022

3.5 PUBLICACIONES EN REVISTAS INTERNACIONALES

1. *Improvement of thermoelectric properties of $\text{Ca}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{MnO}_3$ by powder engineering through K_2CO_3 additions.*
N.M. Ferreira, M.C. Ferro, A.R. Sarabando, A. Ribeiro, A. Davarpanah, V. Amaral, M.A. Madre, A.V. Kovalevsky, M.A. Torres, F.M. Costa, A. Sotelo
J. Mater. Sci. **54**, 3252-3261 (2019)
2. *Effect of sintering temperature on dosimetric properties of BeO ceramic pellets synthesized using precipitation method.*
V. Altunal, E. Bulur, V. Guckan, A. Ozdemir, A. Sotelo, Z. Yegingil
Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. B **441**, 46-55 (2019)
3. *Significant enhancement of the thermoelectric performance in $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ thermoelectric materials through combined strontium substitution and hot-pressing process.*
M.A. Torres, F.M. Costa, D. Flahaut, K. Touati, Sh. Rasekh, N.M. Ferreira, J. Allouche, M. Depriester, M.A. Madre, A.V. Kovalevsky, J.C. Diez, A. Sotelo
J. Eur. Ceram. Soc. **39**, 1186-1192 (2019)
4. *Effect of alkaline earth dopant on density, mechanical, and electrical properties of $\text{Cu}_{0.97}\text{AE}_{0.03}\text{CrO}_2$ (AE=Mg, Ca, Sr, and Ba) delafossite oxide.*
M.A. Madre, M.A. Torres, J.A. Gomez, J.C. Diez, A. Sotelo
J. Aust. Ceram. Soc. **55**, 257-263 (2019)
5. *Effect of substrate on the microstructure and thermoelectric performances of Sr-doped $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ thick films.*
M.A. Torres, M. Mora, H. Amaveda, M.A. Madre, A. Sotelo
Ceram. Int. **45**, 5431-5435 (2019)
6. *Fast preparation route to high-performances textured Sr-doped $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ thermoelectric materials through precursor powder modification.*
M.A. Torres, G. Garcia, I. Urrutibeascoa, M.A. Madre, J.C. Diez, A. Sotelo
Sci. China Mater. **62**, 399-406 (2019)
7. *High temperature stability of hot-pressed Sr-doped $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ samples.*
M.A. Madre, I. Urrutibeascoa, G. Garcia, M.A. Torres, A. Sotelo, J.C. Diez
J. Electron. Mater. **48**, 1965-1970 (2019)
8. *π unileg thermoelectric structure for cycling robustness at high temperature and low manufacturing cost.*
G. Garcia, P. Martinez-Filgueira, M. Cordon, I. Urrutibeascoa, A. Sotelo, J.C. Diez, M.A. Torres, M.A. Madre
J. Electron. Mater. **48**, 2010-2017 (2019)
9. *Low temperature thermoelectric properties of K-substituted $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$ ceramics prepared via laser floating zone technique.*

- B. Ozcelik, G. Cetin, M. Gursul, M.A. Madre, A. Sotelo, S. Adachi, Y. Takano
J. Eur. Ceram. Soc. **39**, 3082-3087 (2019)
10. *Improving thermoelectric properties of $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_{9+\delta}$ through both Na doping and K addition at optimal values.*
B. Ozkurt, M.E. Aytakin, M.A. Madre, A. Sotelo, M.A. Torres
J. Mater. Sci. Mater. Electron. **30**, 8832-8837 (2019)
11. *Growth rate effects on the thermoelectric performance of CaMnO_3 -based ceramics.*
N.M. Ferreira, N.R. Neves, M.C. Ferro, M.A. Torres, M.A. Madre, F.M. Costa, A. Sotelo, A.V. Kovalevsky
J. Eur. Ceram. Soc. **39**, 4184-4188 (2019)
12. *Effect of carbon nanotube addition on the superconducting properties of BSCCO samples textured via laser floating zone technique.*
B. Ozcelik, I. Ergin, T. Depci, H. I. Yavuz, M.A. Madre, A. Sotelo
J. Supercond. Nov. Magn. **32**, 3135-3145 (2019)
13. *Effect of cesium substitution on the superconducting properties of Bi-2212 samples prepared via solid-state reaction and laser floating zone technique.*
I. Ergin, B. Ozcelik, M.A. Madre, A. Sotelo
J. Supercond. Nov. Magn. **32**, 3439-3448 (2019)
14. *Investigation of Rb substitution on the thermoelectric parameters of BSCO Ceramic Materials.*
B. Ozcelik, G. Cetin, A. Sotelo, M.A. Madre
J. Invest. Eng. Technol. **2**, 30-33 (2019)
15. *Effect of Rb Substitution on the structural, physical and superconducting properties of Bi-2212 superconductor.*
I. Ergin, B. Ozcelik, A. Sotelo, M.A. Madre
J. Invest. Eng. Technol. **2**, 49-52 (2019)
16. *Diameter modulation of 3D nanostructures in focused electron beam induced deposition using local electric fields and beam defocus.*
J. Pablo-Navarro, S. Sangiao, C. Magén, J.M. De Teresa.
Nanotechnology. **30**(50), 505302 (2019)
DOI: 10.1088/1361-6528/ab423c
17. *In situ real-time annealing of ultrathin vertical Fe nanowires grown by focused electron beam induced deposition.*
J. Pablo-Navarro, R. Winkler, G. Haberfehlner, C. Magén, H. Plank, J.M. De Teresa.
Acta Materialia. **174**, 379-386 (2019)
DOI: 10.1016/j.actamat.2019.05.035

18. *Influence of microstructural size on the thermal shock behavior of Al₂O₃-Er₃Al₅O₁₂ directionally solidified eutectics.*
Y. Nie, P.B. Oliete, R.I. Merino
Scripta Materialia **160**, 20-24 (2019)
19. *Directionally solidified Ni doped MgO-MgSZ eutectic composites for thermophotovoltaic devices.*
D. Sola, P.B. Oliete, J.I. Peña, R.I. Merino
J. Eur. Ceram. Soc. **39**, 1206-1213 (2019)
20. *Probing the morphology of epitaxial Fe/MgO discontinuous multilayers by magnetometric technique.*
A. Vovk, A. García-García, Y.G. Pogorelov, J.A. Pardo, P. Štrichovanec, C. Magén, P.A. Algarabel, J.P. Araujo, G.N. Kakazei
J. of Magnetism and Magnetic Materials, **474**, 369-373 (2019)
21. *Engineering the magnetic order in epitaxially strained Sr_{1-x}Ba_xMnO₃ perovskite thin films.*
L. Maurel, N. Marcano, E. Langenberg, R. Guzmán, T. Prokscha, C. Magén, J.A. Pardo, P.A. Algarabel
APL Materials, **7**, 041117 1-7 (2019)
22. *Performance analysis of SOFC with electrode-electrolyte interface tailored by laser micro-machining.*
T. Nakagawa, M. Kishimoto, H. Iwai, M. Saito, H. Yoshida, R. Lahoz, M.A. Laguna-Bercero, A. Larrea
16th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells, SOFC 2019; Kyoto; (Japón); 8 - 13 September 2019;
ECS Transactions, **91**, Issue 1, 2105-2114 (2019)
23. *ToF-SIMS and -Raman measurements on laser cleaned bronze archaeological artefacts.*
E. Di Francia, R. Lahoz, D. Neff, E. Angelini, S. Grassini
IMEKO International Conference on Metrology for Archaeology and Cultural Heritage, MetroArchaeo 2017. 295-298 (2019)
24. *Laser-induced coloration of ceramic tiles covered with magnetron sputtered precursor layers.*
V.J. Rico, R. Lahoz, F. Rey-García, I. de Francisco, J. Gil-Rostra, J.P. Espinós, G.F. de la Fuente, A.R. González-Elipe
Journal of the American Ceramic Society, **102**(4), 1589-1598 (2019)
25. *Optimization of laser-patterned YSZ-LSM composite cathode-electrolyte interfaces for solid oxide fuel cells.*
J.A. Cebollero, M.A. Laguna-Bercero, R. Lahoz, J. Silva, R. Moreno, A. Larrea
Journal of the European Ceramic Society, **39**(12), 3466-3474 (2019)

- 26.** *Hydrophobicity, Freezing Delay, and Morphology of Laser-Treated Aluminum Surfaces.*
V.J. Rico, C. López-Santos, M. Villagrà, J.P. Espinós, G.F. de la Fuente, L.A. Angurel, A. Borrás, A.G. González-Elipe
Langmuir **35**, 19, 6438-6491 (2019)
DOI: 10.1021/acs.langmuir.9b00457
- 27.** *IR laser line scanning treatments to improve levitation forces in MgTi_{0.06}B₂ bulk materials.*
C. Aksoy, K. Ozturk, L.A. Angurel, B. Savaskan, E. Martínez, A. Badía-Majós, G.F. de la Fuente, B. Guner, S. Celik
Journal of Alloys and Compounds, **811**, 151966 (2019)
DOI: 10.1016/j.jallcom.2019.151966
- 28.** *Tribological and mechanical properties of graphene nanoplatelet/PEEK composites.*
J.A. Puértolas, M. Castro, J.A. Morris, R. Ríos, A. Ansón-Casaos
Carbón. **141** (16), 107-122 (2019)
- 29.** *Effects of argon ion sputtering on the surface of graphene/polyethylene.*
A. Anson-Casaos, E. Aylona, R Ríos, J.A. Puértolas
Surface and Coating Technology, **374**(12), 1059-1070 (2019)
- 30.** *Structural insights into the two-step spin crossover compound Fe(3,4-dimethylpyridine)₂[Ag(CN)₂]₂.*
J.A. Rodríguez-Velamazán, K. Kitase, E. Palacios, M. Castro, A. Fernández-Blanco, R. Burriel, T. Kitazawa
Crystals, **9**, 316-323, (2019)

3.6 PRESENTACIONES EN CONGRESOS

1. *Very high thermoelectric performances in Sr-doped textured $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$. Costs optimization of unileg thermoelectric generator fabrication.*
A. Sotelo, G. García, I. Urrutibeascoa, P. Martínez-Filgueira, M.A. Torres, M.A. Madre, J.C. Diez
4th International Workshop of Materials Physics. Bucarest (Rumanía), 28-29 Mayo, 2019
Presentación: Invitada
2. *High density Sr-doped $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ thermoelectric samples: properties preservation at high temperatures (> 1000 K).*
J.C. Diez, M.A. Madre, A. Sotelo, M.A. Torres, I. Urrutibeascoa, G. García
XIV Reunión Nacional de Electrocerámica. Castellón (España), 26-28 Junio, 2019
Presentación: Póster
3. *Post heat-treatment effects on CaMnO_3 -based thermoelectrics grown by laser floating zone method*
N.M. Ferreira, M.A. Madre, A. Sotelo, A. V Kovalevsky, F.M. Costa.
2nd ITW2019. Ciudad Real (España), 5-6 Septiembre, 2019
Presentación: Oral
4. *Preparation of nanoprecursors for high-performance thermoelectric ceramics.*
A. Sotelo, M.A. Madre, M.A. Torres
2nd ITW2019. Ciudad Real (España), 5-6 Septiembre, 2019
Presentación: Oral
5. *Substrate-induced modification of microstructure and thermoelectric properties in Sr-doped $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ thick films.*
M.A. Madre, M. Mora, H. Amaveda, M.A. Torres, A. Sotelo
17th ECT2019. Limassol (Chipre), 23-25 Septiembre, 2019
Presentación: Póster
6. *Modifying $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ properties through CTi nanoparticles addition.*
A. Sotelo, H. Amaveda, M. Mora, S. Marinel, M.A. Torres, M.A. Madre
17th ECT2019. Limassol (Chipre), 23-25 Septiembre, 2019
Presentación: Póster
7. *Effect of TiC nanoparticles addition on the properties of $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ ceramics.*
A. Sotelo, H. Amaveda, M. Mora, S. Marinel, M.A. Torres, M.A. Madre
ICMMS2019. Adana (Turquía), 14-19 Octubre, 2019
Presentación: Invitada
8. *In situ real-time annealing of 3D ferromagnetic nanowires fabricated by focused electron beam induced deposition.*
J. Pablo-Navarro, R. Winkler, G. Haberfehlner, H. Plank, C. Magén,
J. M. De Teresa

- Microscopy at the Frontiers of Science 2019. Granada (España), 11-13 Septiembre, 2019
Presentación: Oral
9. *Development of 3D advanced magnetic nanostructures fabricated by focused electron beam induced deposition.*
J. Pablo-Navarro, C. Magén, J.M. De Teresa
Reunión anual del Club Español de Magnetismo. Pamplona (España), 17-18 Octubre, 2019
Presentación: Oral
10. *Three-dimensional functional magnetic nanostructures grown by focused electron beam induced deposition.*
J. Pablo-Navarro, C. Magén, E. Berganza, M. Jaafar, A. Asenjo, J. M. De Teresa
XXXVII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física. Zaragoza (España), 15-19 Julio, 2019
Presentación: Póster
11. Three-dimensional magnetic nanostructures grown by Focused Electron Beam Induced Deposition (FEBID).
J. Pablo-Navarro, C. Magén, E. Berganza, M. Jaafar, A. Asenjo, J. M. De Teresa.
American Physical Society March Meeting 2019. Boston, Massachusetts (Estados Unidos), 4-8 Marzo, 2019
Presentación: Oral
12. *Development and optimization of advanced functional magnetic nanostructures grown by Focused Electron Beam Induced Deposition.*
J. Pablo-Navarro, C. Magén, J.M. De Teresa
M2OZART Workshop on Nanomagnetism. Zaragoza (España), 21-22 Febrero, 2019
Presentación: Oral
13. *Selective Emitters for Thermophotovoltaics Based on Eutectic Composites.*
R.I. Merino, P.B. Oliete
DSEC VI - Directionally Solidified Eutectics Conference, Fisciano, Salerno, (Italia), 10-13 Septiembre, 2019
Presentación: Oral Invitada
14. *High-temperature redox processes in $Ce_{0.5}Zr_{0.5}O_{2-x}$ phases produced by laser-assisted directional solidification.*
M. L. Sanjuán, P.B. Oliete, A. Orera
XVI ECerS Conference, Turín (Italia), 16-20 Junio, 2019
Presentación: Oral
15. *Growth and structural characterization of strained epitaxial $Hf_{0.5}Zr_{0.5}O_2$ thin films.*
E. Barriuso, L. Torrejón, E. Langenberg, C. Magén, Á. Larrea, J. Blasco, J. Santiso, P.A. Algarabel, J.A. Pardo
ISAF-ICE-EMF-IWPM-PFM Joint Conference. Lausanne (Suiza), 14-19 Julio, 2019
Presentación: Póster

16. *Determination of the morphology of epitaxial Fe/MgO granular multilayers by magnetometric technique.*
A. Vovk, A. García-García, Y.G. Pogorelov, J.A. Pardo, P. Štrichovanec, C. Magén, P. A. Algarabel, J.P. Araujo, G.N. Kakazei
Joint European Magnetic Symposia (JEMS), Uppsala (Suecia), 26-30 Agosto, 2019
Presentación: Oral
17. *Probing Mn⁴⁺ off-centering displacement in epitaxially strained Sr_{1-x}Ba_xMnO₃ thin films by HERFD-XANES.*
G. Subías, J. Blasco, S. Lafuerza, P. Algarabel, C. Magén, J.A. Pardo, L. Maurel
EBS workshop on X-ray Emission Spectroscopy, ESRF - Grenoble (Francia), 3-5 Diciembre, 2019
Presentación: Póster
18. *Metal surface nanostructures developed with sub-ns UV laser line scanning under different atmospheres.*
G.F. de la Fuente, L.A. Angurel, A. Cubero, L. Porta-Velilla, M. Castro, J.A. Rojo, E. Martínez, R. Navarro
International Symposium Fundamentals of Laser Assited Micro-&Nanotechnologies, FLAMN19, San Petersburgo (Rusia), 30 Junio - 4 Julio, 2019
Presentación: Oral Invitada
19. *Laser technologies to improve materials properties.*
H. Amaveda, L.A. Angurel, C.J. Borrel, A. Cubero, L.C. Estepa, G.F. de la Fuente, E. Martínez, M. Mora, R. Navarro, L. Porta-Velilla, H. Santos
3rd International Conference on Advanced Engineering, ICADET 2019, Bayburt (Turquía), 19-21 Septiembre, 2019
Presentación: Oral Invitada
20. *Laser Line Scanning for Large Area Surface Microstructure Control.*
H. Santos, L.A. Angurel, F.J. Trujillo, D. Muñoz-Rojas, C. Masse, V.H. Nguyen, A. Mena, J.A. Bea, G.F. de la Fuente
XXXVII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Química, San Sebastián (España), 26-30 Mayo, 2019
Presentación: Póster
21. *Laser furnace processing of transition metal ferrites.*
B. Özçelik, S. Özçelik, H. Santos, H. Amaveda, L.A. Angurel, G.F. de la Fuente
XIV Reunión Nacional de Electrocerámica, Castellón (España), 26-28 Junio, 2019
Presentación: Oral
22. *Effect of UV picosecond pulse laser irradiation on Nb surfaces on their magnetic flux pinning.*
A. Cubero, E. Martínez, L.A. Angurel, G.F. de la Fuente, R. Navarro, G. Dai, H. Li, W. Cui

- XXXVII Biennial Meeting of the Spanish Royal Society of Physics, Zaragoza (España), 15-19 Julio, 2019
Presentación: Comunicación Oral
- 23.** *Comparison of nanostructures formed on Nb using fs near-IR and subnano UV pulsed lasers.*
A. Cubero, E. Martínez, L.A. Angurel, G.F. de la Fuente, R. Navarro, H. Legall, J. Krüger, J. Bonse
Spring Meeting EMRS, Niza (Francia), 27-31 Mayo, 2019
Presentación: Comunicación Oral
- 24.** *Deposition of Ag metal on glass with Laser-Induced Reverse Transfer techniques using a ps UV laser.*
L.A. Angurel, R. Molina, V. Rico, F. Yubero, A.R. González-Elipe, D. Muñoz-Rojas, G.F. de la Fuente
International Symposium Fundamentals of Laser Assisted Micro-&Nanotechnologies, FLAMN19, San Petersburgo (Rusia), 30 Junio - 4 Julio, 2019
Presentación: Oral
- 25.** *Thermal stability of conduction-cooled no-insulated HTS coils at currents up to 400 A.*
A. Cubero, A.B. Núñez-Chico, R. Navarro, L.A. Angurel, E. Martínez
14th European Conference on Applied Superconductivity EUCAS 2019, Glasgow (UK), 1-5 Septiembre, 2019
Presentación: Póster
- 26.** *Laser furnace processing of Mn, Zn and Ni ferrite spinels.*
H. Santos, S. Özçelik, B. Özçelik, H. Amaveda, L.A. Angurel, G.F. de la Fuente
EUROMAT 2019, Estocolmo (Suecia), 1-5 Septiembre, 2019
Presentación: Oral
- 27.** *Influence of crystallographic texture and external electromagnetic fields on sub-ps pulsed UV laser derived nanostructures.*
L. Porta-Velilla, A. Cubero, M. Castro, E. Martínez, L.A. Angurel, G.F. de la Fuente, R. Navarro
EUROMAT 2019, Estocolmo (Suecia), 1-5 Septiembre, 2019
Presentación: Oral
- 28.** *Improvement of tribomechanical properties of 1-2 layered graphene/UHMWPE composites through high temperature melting.*
F.J. Pascual, J.A. Puértolas
30th International Conference on Diamond and carbon Materials, Sevilla (España), 8-12 Septiembre, 2019
Presentación: Póster
- 29.** *Influence of argon ion sputtering on electric and mechanical surface properties of graphene/polyethylene composites.*
A. Ansón-Casaos, E. Aylon, R. Ríos, J.A. Puértolas

30 th International Conference on Diamond and carbon Materials, Sevilla (España), 8-12 Septiembre, 2019
Presentación: Póster

- 30.** *Tribological and electrical behavior of Graphene/UHMWPE composite coatings on UHMWPE substrate: Influence of mechanical blending process and consolidation temperature.*
M.J. Martínez-Morlanes, G. Guérin, F.J. Pascual, J.A. Puértolas
9 th International Meeting on UHMWPE, Filadelfia (EEUU), 10-11 Octubre, 2019
Presentación: Póster
- 31.** *Calorimetric set-up to measure the specific absorption rate coefficient (SAR) of Gold nanoparticles colloidal suspensions.*
M. Castro, E. Lorén, L. Porta-Velilla, I. Andreu, I. Guo, B. Gates
XXXVII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física, Zaragoza (España), 15-19 Julio, 2019
Presentación: Oral
- 32.** *Advanced on Chip nanocalorimeters.*
G. Lorusso, M. Evangelisti, J.J. Morales, P. Strichovanec, M.A. Laguna, J. Sesé, M. Castro
XXXVII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física, Zaragoza (España), 15-19 Julio, 2019
Presentación: Póster
- 33.** *On Chip nanocalorimetry.*
G. Lorusso, M. Evangelisti, J.J. Morales, P. Strichovanec, M.A. Laguna, J. Sesé, M. Castro
ECMM 2019. Florencia (Italia), 15-18 Septiembre, 2019
Presentación: Póster

3.7 CONFERENCIAS, CURSOS, VISITAS Y ESTANCIAS

TEMA: Nano Wold. Properties and applications of some magnetic nanomaterials.
VISITANTE: Dragos Viorel Brezoi
RESPONSABLE: G. Hauke y J.I. Peña
PROCEDENCIA: Faculty of Materials Engineering and Mechanics Valahia University of Targoviste.
FECHAS: 29-05-2019

TEMA: Composite Materials. Processing by P/M, properties and applications.
VISITANTE: Ileana Nicoleta Popescu
RESPONSABLE: G. Hauke y J.I. Peña
PROCEDENCIA: Faculty of Materials Engineering and Mechanics Valahia University of Targoviste.
FECHAS: 30-05-2019

3.8 REVISOR REVISTAS CIENTÍFICAS

Profesor José Antonio Puértolas:

- * Journal of the Mechanical Behavior and Biomedical Materials
- * Plastic, Rubber and Composites
- * Tribology International
- * Composites: part B
- * Composites Science and Technology
- * Journal of the Mechanical Behavior and Biomedical Materials
- * Carbon
- * Journal of Polymer Science: part B
- * Tribology International Dec

Profesor Xermán de La Fuente:

- * Materials Research Bulletin
- * Optics and Laser Technology
- * Diamond and Related Materials
- * Dalton Transactions
- * Diamond
- * European Physical Journal
- * Journal of Alloys and Compounds
- * Journal of the European Ceramic Society
- * Journal of Low Temperature Physics
- * Journal of Material Science: Materials in Electronics
- * Journal of Manufacturing and Materials Processing
- * Metals
- * New Journal of Chemistry
- * Science China Materials

Profesor Luis Alberto Angurel

- * Metals
- * Materials
- * Coatings
- * Materials Research Express
- * Journal of the American Ceramic Society
- * Superconductor Science and Technology

3.9 PATENTES (ÚLTIMOS 5 AÑOS)

1. TÍTULO: *Método para producir un componente de aparato doméstico con una marcación en un vaciado, y componente de aparato doméstico.*
AUTORES: F.J. Ester Sola, M. Goldaracena Jaca, C. Mimoso Fernandes, L. Oriol Langa, J.I. Peña Torre; D. Urrutia Angos, L. Villareal Calvo, A. Villate Robles
N. DE SOLICITUD: P201430667
PAÍS DE PRIORIDAD: España
FECHA DE PRIORIDAD: 11 de Noviembre de 2015
ENTIDAD TITULAR: BSH Electrodomésticos España S.A.

2. TÍTULO: *Componente de aparato doméstico.*
AUTORES: J. Alaman Aguilar, R. Alicante Santiago, C. Gimeno Asín, J.I. Peña Torre, C. Sánchez Somolinos
N. DE SOLICITUD: DE P201531693
PAÍS DE PRIORIDAD: España
FECHA DE PRIORIDAD: 22 de Noviembre de 2015
ENTIDAD TITULAR: BSH Electrodomésticos España S.A.

3. TÍTULO: *Sistema para un microscopio de fuerzas atómicas.*
AUTORES: M. Jaafar, J.M. De Teresa, A. Asenjo, J. Pablo-Navarro, P. Ares, C. Magén, J. Gómez-Herrero
N. DE SOLICITUD NACIONAL: OEPM P201731292
FECHA DE PRIORIDAD: 3 de Noviembre de 2017
N. DE SOLICITUD INTERNACIONAL: PCT/ES2018/070709
FECHA DE PRIORIDAD: 5 de Noviembre de 2018
ENTIDAD TITULAR: CSIC, Universidad de Zaragoza, Universidad Autónoma de Madrid, Fundación Agencia Aragonesa para la Investigación y el Desarrollo (ARAID).
LICENCIA: Licenciada a la empresa GPNT (www.gpnt.es) en julio de 2018

ACTIVIDAD DE I+D+i DEL ÁREA DE MECÁNICA DE FLUIDOS

4.1 LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Combustión Industrial.

4.1.1.1 Actividades.

(1) Estudio de llamas de escala semi-industrial de combustibles gaseosos, líquidos o sólidos pulverizados.

El LITEC dispone de un combustor de 500 kW que permite el estudio de llamas de escala semi-industrial quemando tanto combustibles gaseosos como líquidos o sólidos pulverizados (carbón). La instrumentación disponible permite estudiar tanto los parámetros globales (transferencia de calor, emisiones contaminantes) como la distribución espacial dentro de la llama de numerosas variables (temperatura, 7 especies químicas, velocidad del gas).

(2) Formación y deposición de cenizas en sistemas de carbón pulverizado. Estudios experimentales y desarrollo de métodos predictivos.

Mediante técnicas experimentales y computacionales se estudian los procesos de transformación de la materia mineral del carbón desde su inyección a la cámara de combustión hasta su emisión final a la atmósfera o su captación por deposición sobre las superficies de transferencia de calor de la caldera. El objetivo es desarrollar métodos predictivos y de ensayo que permitan analizar el comportamiento de las cenizas en calderas de generación de energía que utilizan carbón pulverizado.

(3) Sistemas avanzados de diagnóstico y control para combustión industrial.

Se están desarrollando nuevos métodos de diagnóstico aplicables a sistemas industriales de combustión, basados en técnicas de procesado de imágenes y análisis espectral de fluctuaciones de presión. El objetivo final es desarrollar nuevos sistemas de monitorización de llamas industriales, y su incorporación en sistemas de control inteligente de procesos.

(4) Equipos y estrategias para control de las emisiones de óxidos de nitrógeno en combustión de gas natural, fuel oil y carbón pulverizado.

Se estudian diversas tecnologías de reducción de emisiones de NO_x: quemadores de bajo NO_x (patentado), escalonamiento de aire y *reburning* con gas natural. El objetivo es tanto estudiar en detalle el comportamiento de estos sistemas como

identificar las condiciones óptimas de implementación en sistemas reales de generación de energía.

(5) Simulación de la combustión y transferencia de calor en equipo industrial.

Se desarrollan y aplican modelos de combustión y transferencia de calor para la simulación, mediante técnicas de Fluidodinámica Computacional, de equipos industriales tales como: calderas de gas, fuel-oil y carbón para la generación de energía eléctrica; hornos de fusión de vidrio; intercambiadores de calor y condensadores.

4.1.1.2 Técnicas y Objetivos.

- ◆ Ensayos en combustor de escala semi-industrial (0.5 MW) de diversos equipos y estrategias de combustión.
- ◆ Medidas puntuales de temperaturas (termopar de hilo fino, pirómetro de succión), velocidad (tubos de impacto direccionales), transferencia de calor (radiómetro elipsoidal, flujo total), carga de partículas (sonda de muestreo) y concentración de gases (diversos tipos de sondas de muestreo, sistema de tratamiento y analizadores en continuo para O₂, CO, CO₂, NO/NO_x, SO₂, HC, NH₃, HCN, H₂O).
- ◆ Reactor tubular e instrumentación asociada para caracterización de la combustión, la formación y la deposición de cenizas en combustión de carbón y otros materiales
- ◆ Técnicas de procesamiento de imágenes y espectro acústico para caracterización de llamas industriales
- ◆ Ejecutar I+D viable en combustión de gases, líquidos (fuel residual, aceites usados, mezclas líquidas de carbones) y carbones (lignitos, antracitas, hullas).
 - Combustión de carbón:
 - Quemadores de bajos NO_x.
 - Combustión escalonada con Gas Natural.
 - Reducción emisiones de partículas.
 - Escorificación y ensuciamiento.
 - Combustión de fuel-oil: Quemadores de bajos NO_x y combustión de emulsiones.
 - Combustión de aceites usados: Pretratamiento de los aceites y caracterización y reducción de emisiones.
- ◆ Asesorar a empresas en tecnologías de uso (aditivación para mejorar combustión o reducir emisiones, cambios de parámetros de operación, modificaciones de instalaciones, selección de nuevos equipos, etc.).
- ◆ Diseñar y construir sondas, sensores e instrumentación de combustión.
 - Sondas de medida en flujos con combustión (concentraciones, partículas, velocidad, temperatura, radiación de calor).
 - Sondas/sensores ópticos para combustión y flujos bifásicos.

4.1.2. Física de la turbulencia, la mezcla y la reacción química.

4.1.2.1 Actividades.

(1) Cálculo y modelización de flujos turbulentos con reacciones químicas.

Se usan modelos estocásticos y técnicas numéricas de Montecarlo para estimar la evolución de velocidades, temperaturas y concentraciones medias en flujos con/sin reacciones químicas así como parámetros de dispersión (varianzas, correlaciones cruzadas y momentos de orden superior). Se comparan las predicciones con datos experimentales existentes y con resultados de simulación numérica directa. En la actualidad se está simulando el campo turbulento de un escalar y su gradiente. Se están adaptando estas técnicas al uso con LES (Large Eddy Simulation) para obtener una descripción más precisa de la evolución del flujo.

(2) Simulación numérica directa de mezcla/reacción en flujos turbulentos.

Se utilizan métodos pseudo-espectrales para resolver numéricamente el campo de velocidades y de escalares inertes o reactivos en turbulencia homogénea. Los resultados obtenidos se usan como datos para la comprensión física y la modelización de flujos turbulentos con reacciones químicas. Se examinan, por ejemplo, las estructuras de las pequeñas escalas del campo de velocidad y las geometrías locales de las superficies iso-escalares mediante el análisis de la ecuación de transporte de la curvatura media.

Se colabora con varios grupos extranjeros, analizando e interpretando sus bases de datos de simulaciones numéricas directas de llamas de premezcla (e.g., llamas estadísticamente planas con cinéticas químicas sencillas o detalladas, llamas de chorros,...). Se intenta conseguir una mejor comprensión física de la dinámica de llamas turbulentas, diseccionando la interacción flujo/cinética-química.

(3) Cálculo de llamas turbulentas de difusión.

Se emplean modelos de turbulencia de esfuerzos de Reynolds para la obtención de los campos de temperatura y composición en llamas turbulentas próximas a extinción. Se estudian procesos sistemáticos de reducción de la cinética química detallada.

(4) Aplicación de redes neuronales artificiales en cinética química.

Se utilizan Redes Neuronales Artificiales para el análisis, la reducción y la representación de sistemas termoquímicos complejos.

4.1.2.2 Técnicas y Objetivos.

- ◆ Modelización, estudio analítico y numérico de los fenómenos básicos de la combustión turbulenta, especialmente de la interacción reacción química-turbulencia.
 - Modelado de procesos físicos.
 - Estudio del cierre de los sistemas de ecuaciones.
 - Aplicación de métodos estocásticos (función de densidad de probabilidad o PDF).
 - Simulación Numérica Directa de flujos turbulentos sin/con reacciones químicas.
 - Simulación de Grandes Torbellinos (LES).
 - Integración de técnicas PDF/LES y PDF/CFD.
 - Estudio de atomización mediante técnicas de dinámica de vorticidad.
 - Modelado y computación de sistemas de flujos industriales sin/con combustión: Calderas de grandes centrales térmicas; Turbinas de gas para aviones; Motores de combustión interna; Atomización/flujos bifásicos; Aerodinámica interna de bancos de ensayo de motores; Aerodinámica externa de alas y aviones.
- ◆ Estudio del impacto medioambiental de diferentes procesos industriales: combustión de residuos tóxicos, vertido y dispersión de contaminantes, incendios forestales, nubes radioactivas, depuración de aguas, etc.
- ◆ Simulación numérica de los procesos dinámicos y termoquímicos en una burbuja generada por cavitación hidrodinámica.

4.1.3 Flujos multifásicos.

4.1.3.1 Actividades.

(1) Análisis y modelización de flujos bifásicos.

Se están revisando y reformulando análisis anteriores de flujo bifásico gas-sólido con flujo turbulento de gas y baja concentración de la fase dispersa, ensayando en partículas nuevos modelos de cierre. Se ha desarrollado un método de cálculo numérico de estos flujos considerando inicialmente granulometría uniforme de la fase dispersa.

(2) Desarrollo de técnicas de medida de flujos turbulentos polifásicos.

Se realizan mejoras y adaptaciones de técnicas de velocimetría y granulometría dinámica para el estudio experimental de flujos polifásicos con fase dispersa fina. Entre estas realizaciones se encuentran:

- i) Determinación tomográfica de la distribución de gotas/partículas por un punto, a partir de medida sobre línea con difractómetro de haz láser.
- ii) Previsión numérica de la señal detectada por un sistema Laser-Doppler LDA o/y PDA: establecimiento de relaciones de calibrado (parámetros de señal Doppler frente a tamaño de partícula/gotas).
- iii) Modelo escalar simplificado para selección de configuración optimizadas en sistemas PDA de medida simultánea de velocidad y tamaño.
- iv) Determinación de flujo másico por PDA.
- v) Utilización y desarrollo de sistemas de medida de velocidad en un plano mediante imagen de partículas.

(3) Estudio experimental de chorros de partículas/gotas, naturales y forzados.

Se trabaja sobre chorros axisimétricos de partículas/gotas arrastradas por aire para caracterizar y controlar los fenómenos responsables de la dispersión y mezcla de partículas en el flujo. El estudio incluye la medida de valores medios, varianzas, y correlación de componentes de velocidades en ambas fases; medidas simultáneas de velocidad y tamaño partícula a partícula; determinación local de flujos másicos. El forzado de flujos permite la estabilización e intensificación de estructuras coherentes en la zona inicial de desarrollo de chorros, que controlan la dispersión y mezcla de partículas gotas. El estudio se aborda por medida simultánea de velocidad y tamaño (PDA) con adquisición y promedio en fase; velocimetría de campo extenso PIV y visualización de flujos.

(4) Modelización de flujos bifásicos turbulentos en fase dispersa.

Se desarrolla un modelo k-épsilon generalizado para incorporar la modulación introducida por la presencia de la fase dispersa en la estructura turbulenta. La fase dispersa se trata inicialmente con un modelo Euleriano para posteriormente proceder a una aproximación Lagrangiana.

4.1.3.2 Técnicas y Objetivos.

- ◆ Velocimetría Láser-Doppler (LDV) y de Imagen de desplazamiento de partículas (PIV) para flujos turbulentos monofásicos y polifásicos.
- ◆ Aplicación de Sistemas PDA a la medida simultánea de tamaño y velocidad en dispersiones diluidas (sprays y otros). Técnicas mejoradas de determinación de flujo y concentración locales de partículas basadas en PDA.
- ◆ Técnicas de difracción láser para medida de tamaño de dispersiones de burbujas, gotas y partículas sólidas.
- ◆ Desarrollo de técnicas avanzadas de diagnóstico óptico para flujos inertes, y con combustión, monofásicos y bifásicos.
 - Detección 2-D de intermedios y productos.
 - Medida simultánea concentraciones/velocidad/tamaño de partículas, etc.
 - Desarrollo de sondas/sensores.

- Desarrollo de técnicas para sistemas 2D y 3D no estacionarios.
- Análisis y visualización de datos.
- Aplicación de técnicas espectroscópicas a llamas con hollín.
- Desarrollo de técnicas de fluorescencia planar inducida por láser para flujos bifásicos.
- ◆ Estudio experimental de flujos de inyección de gotas y partículas.
 - Descripción física de estructura fina de chorros de gotas y partículas sólidas.
 - Caracterización por técnicas de imagen y velocimetría/granulometría dinámica de procesos de mezcla/dispersión/evaporación en sprays y chorros de inyección de polvo.
 - Estudio y desarrollo de aplicaciones técnico-industriales de atomizadores e inyectores de polvo: quemadores; nebulizadores de uso médico; pulverizadores de fabricación de polvos; inyectores de pintura; pulverizadores de uso agrícola, forestal y otros.
- ◆ Aplicación de técnicas de laboratorio a flujos industriales.

4.1.4 Flujos con superficie libre.

4.1.4.1 Actividades.

(1) Cálculo de flujos transitorios con superficie libre.

Métodos numéricos de alta resolución para la simulación de flujos transitorios con superficie libre en configuraciones unidimensionales y bidimensionales, aptos para tratamiento de discontinuidades. Aplicaciones a cuencas fluviales, vertido, canales, riegos.

(3) Estudio experimental de flujos transitorios asociados a rotura de presa.

Medida de alturas, presiones y velocidades en el frente de onda producido en flujo de avenidas causado por la rotura instantánea de una presa.

4.1.4.2 Técnicas y Objetivos.

- ◆ Técnicas numéricas para las ecuaciones de aguas poco profundas 1D.
 - Esquemas en diferencias finitas centradas explícitos e implícitos. Resolución de flujos transitorios y estacionarios. Condiciones de contorno. Método de las características sobre malla fija. Aplicación para el tratamiento de las condiciones de contorno.
 - Esquemas en diferencias finitas implícitos clásicos. Propiedades.
 - Simulación del flujo transitorio de ondas de crecida y de inundación en geometrías irregulares. Aplicación a sistemas fluviales.
 - Esquemas de alta resolución: Propiedad TVD, teorías de limitación de flujos.

- Métodos semilagrangianos. Influencia de la interpolación. Aplicación de modelo con interpolación cúbica a problemas de golpe de ariete y transitorios de lámina libre.
- ◆ Modelos numéricos para las ecuaciones de aguas poco profundas 2D.
 - Volúmenes finitos. Técnicas de alta resolución. Aplicación a flujos bidimensionales, transitorios y estacionarios, transcíticos con y sin términos fuente.
 - Resolución en mallas no estructuradas. Técnicas de *upwinding* multidimensional. Descomposición en ondas.
- ◆ Adaptación de mallas.
 - Adaptación espontánea a problemas 2D estacionarios acopladas a esquema explícito sobre malla no estructurada.
 - Adaptación a problemas 1D no estacionarios. Resolución implícita de las ecuaciones acopladas al movimiento de los nodos.
- ◆ Aplicación a sistemas de riego.
 - Riego por superficie. Parámetros de infiltración.
 - Regulación y automatización de los canales de riego.

4.1.5 Redes de distribución de fluidos.

4.1.5.1 Actividades.

(1) Diseño, análisis y gestión de sistemas de regadío.

Métodos numéricos para el dimensionado óptimo de redes de riego. Ensayos de campo en riegos a presión. Gestión hidráulica de regadíos. Simulación y diseño integral de redes de riego.

(2) Cálculo de redes de distribución de fluidos.

Programas numéricos para determinar caudales y presiones en redes interconectadas de distribución de fluidos, incluyendo bombas, pérdidas singulares, válvulas de regulación, diseños inversos, etc.

4.1.5.2 Técnicas y Objetivos.

- ◆ Técnicas numéricas generales y robustas para el diseño simulación y síntesis redes de distribución
 - Tratamiento matricial de configuraciones complejas con múltiples tipos de válvulas reguladoras interactuando con hidrantes en ramales.
 - Modelización de ramales portagotos, microaspersores y cintas de exudación como líneas emisoras continuas dependientes de la presión.

- Análisis inverso de redes para la gestión óptima hidráulica, energética y control de fugas en riegos y abastecimientos.
- Combinación de algoritmos genéticos y procedimientos deterministas en el trazado y dimensionado simultáneo optimizado de redes ramificadas. Aplicación a casos de redes de distribución a la demanda y de aplicación de agua en parcela.
- ◆ Integración de herramientas para el dimensionado, análisis y gestión de redes de riego.
 - Desarrollo de “software” profesional en entorno Windows, que integre herramientas de dimensionado y trazado óptimo, análisis hidráulico, bases de datos, modelos topográficos,... destinado a proyectistas y gestores de regadíos.
 - Comunicación e interacción con paquetes comerciales CAD, GIS.
- ◆ Mejora de las condiciones hidráulicas y de calidad de aguas en sistemas de abastecimiento.
 - Explotación de modelos de simulación en grandes sistemas de abastecimiento para la mejora de las garantías de suministro y calidad del agua servida.
 - Estrategias efectivas de calibración de modelos de redes.
- ◆ Asesoría y formación continua de entidades y profesionales.
 - Asistencia técnica a organismos municipales para la gestión de los abastecimientos.
 - Asistencia técnica a la administración y comunidades de regantes en el diseño, modernización y explotación de regadíos.
 - Formación de cuadros y reciclaje de técnicos.

4.1.6 Fluidodinámica y aerodinámica básica y aplicada.

4.1.6.1 Actividades.

(1) Desarrollo y utilización de técnicas avanzadas de diagnóstico óptico.

Se desarrollan técnicas de diagnóstico óptico (Fluorescencia planar inducida por láser, y otros tipos de espectroscopías), estudiando y comprobando su aplicabilidad en distintos flujos tanto inertes como reactivos. Se dispone de láseres (Nd:YAG, colorante) y cámaras (intensificadas y no intensificadas) para el desarrollo de estos métodos.

(2) Cálculo de flujos turbulentos con rotación.

Se emplean modelos de esfuerzos de Reynolds para el cálculo de flujos turbulentos con rotación. La estabilidad de estos flujos necesita modelos más sofisticados que el modelo k-ε para reproducir las características generales del flujo.

(3) Diseño aerodinámico de aerogeneradores.

Cálculo aerodinámico y estructural de rotores de aeroturbinas para generación eléctrica. Modelado combinado de Superficie Sustentadora y Método de Paneles.

(4) Cálculo de la transición en alas en flecha.

Con las hipótesis de flujo paralelo se resuelven las ecuaciones de transporte para las perturbaciones superpuestas al flujo medio y se determina la evolución de la amplitud de la perturbación.

(5) Computación de flujos mediante métodos de elementos finitos.

Desarrollo de métodos de elementos finitos estabilizados para el cálculo de flujos compresibles e incompresibles, laminares y turbulentos. Extensión de estas técnicas a flujos de superficie libre.

(6) Rotura de láminas líquidas y formación de gotas.

Se realizan experimentos con una lámina plana de agua con coflujos de aire variando los números de Reynolds del aire y del agua, la relación de flujos de cantidad de movimiento y otros parámetros relevantes. Se han iniciado estudios de estabilidad lineal. Se simula el proceso de deformación de la lámina utilizando métodos de dinámica y de vorticidad y de volúmenes finitos.

(7) Cavitación hidrodinámica como inductora de conversión química.

Se combinan experimentos y simulaciones numéricas de la dinámica de burbujas así como los campos térmicos y de concentración de especies químicas sometidas a las altas temperaturas y presiones típicas del colapso de una burbuja.

Se ha logrado eliminar colonias de *E. coli* y *E. faecalis* en concentraciones muy superiores a las encontradas normalmente en aguas infectadas. Asimismo, se han obtenido reducciones significativas de contaminantes químicos presentes en agua o en estiércoles líquidos, especialmente, de compuestos persistentes (e.g., nitrofenoles, cianuros).

Se ha aplicado la cavitación ultrasónica a crudos pesados para reducir su viscosidad y favorecer su extracción, transporte y manejo, obteniendo reducciones de hasta 82%. Asimismo, se ha tratado glicerina (subproducto del proceso de obtención de biodiesel) mediante ultrasonidos, logrando reducir su viscosidad y verificando cambios a nivel molecular mediante espectroscopía de masas.

4.1.6.2 Técnicas y Objetivos.

- ◆ Técnicas de diagnóstico ópticas: Fluorescencia planar inducida por láser (PLIF), espectroscopia Raman y Rayleigh.
- ◆ Sistema para generación de chorros de partículas sin y con perturbación acústica.
- ◆ Se han realizado simulaciones numéricas detalladas que incluyen todos los fenómenos físico-químicos en una burbuja individual cavitando en un campo ultrasónico.
- ◆ Se han diseñado y construido pequeñas plantas piloto para tratamiento de crudos pesados con ultrasonidos.
- ◆ El estudio experimental de la cavitación hidrodinámica se realiza tanto en un bucle de recirculación con un Venturi, como en un cilindro ideado, diseñado y construido por el grupo con una eficiencia muy superior.
- ◆ Se han desarrollado sensores de presión para la obtención de espectros acústicos.

4.1.7 Procesos fluidodinámicos en pilas de combustible poliméricas.

4.1.7.1. Actividades.

(1) Estudio de la fluidodinámica de las pilas de combustible.

- Desarrollo de códigos numéricos propios para el estudio de los complejos fenómenos fluidodinámicos que ocurren dentro de las pilas de combustible poliméricas.
- Estudio mediante la simulación numérica bi- y tri-dimensional del transporte de gases, protones e iones en una pila de combustible con membrana de intercambio de protones.
- Simulación numérica del flujo de gases en las placas bipolares de pilas poliméricas.
- Análisis de la formación y condensación de agua dentro de la pila. Desarrollo de estrategias para la extracción de la misma por el cátodo.
- Estudio experimental de la visualización de los patrones del flujo de gases y la medida del campo de velocidad en placas bipolares.
- Análisis del comportamiento del flujo gaseoso detrás de la capa difusora.
- Optimización de los sistemas de distribución del flujo de gases en pilas de combustible poliméricas.

(2) Optimización y análisis del funcionamiento de pilas formadas por varias unidades (stack).

- Diseño y fabricación de placas bipolares y terminales geometrías de flujo de gases óptimas.
- Optimización de los procesos de fabricación de los conjuntos membrana-electrodos (MEA).
- Optimización del sellado de los stacks.
- Evaluación del funcionamiento de monoceldas o pequeños stacks para diferentes condiciones de trabajo.

4.1.7.2. Técnicas y Objetivos

Se dispone de equipos para aplicar las siguientes técnicas:

- ◆ Sistema de deposición de tintas catalíticas por atomización asistida.
- ◆ Prensa de laboratorio con un área de 300x300 mm y control simultáneo del tiempo, presión y temperatura para la formación de los conjuntos membrana electrodos.
- ◆ Sistema de suministro y control de gases para pruebas en monoceldas y pequeños stacks.
- ◆ Equipo Autolab de la Firma ECO-CHEMIE, compuesto por un potencióstato-galvanostato PGSTAT-320, módulo FRA-2 y una "workstation" para la caracterización de las MEAs y las pilas empleando espectroscopía de impedancia compleja.
- ◆ Láser pulsante de Nd:YAG con doble cavidad (con emisión de luz @ 1064 nm, 532 nm, 355 nm y 266 nm) para visualización de flujos y velocimetría de imagen de desplazamiento de partículas (PIV), que permite obtener medidas simultáneas de dos componentes de la velocidad en planos completos.
- ◆ Láser de colorante bombeado por el de Nd:YAG.
- ◆ Cámara de CCD de matriz completa de lectura lenta y bajo ruido para la adquisición de las imágenes en los experimentos de visualización de los patrones de flujo.
- ◆ 2 cámaras de CCD de matriz interlineada, 8 bits y 30 imág./seg. para los estudios de velocimetría por desplazamiento de imágenes de partículas (frame straddling)
- ◆ Dispositivos electrónicos varios (fuente de alimentación, generadores de pulsos y retraso de señales, sincronizadores, obturadores, etc.).
- ◆ Ordenador paralelo tipo Beowulf con 32 procesadores Pentium IV a 2.8 GHz, conexión rápida híbrida Mirinet/GigaBit, 60 Gb RAM, 400 Gb de capacidad de disco duro.

Los objetivos de esta línea de investigación son:

- Desarrollar modelos computacionales para la fluidodinámica que incluyan los aspectos relevantes de la física del problema: difusión, condensación, recombinación y reacción química, etc.
- Realizar experimentos sencillos que permitan validar los modelos numéricos.
- Optimización del sistema de distribución del flujo de gases a partir de estudios numérico/experimentales.
- Diseño y fabricación de placas bipolares y terminales con geometrías de flujo óptimas capaces de distribuir los gases uniformemente sobre las capas catalíticas.
- Estudio de diferentes recubrimientos superficiales para su uso en metales de baja densidad a emplearse como materiales alternativos al grafito para la producción de las placas bipolares y terminales.
- Optimización de los procesos de montaje y fabricación de pilas de tipo PEM.

4.2 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIACIÓN PÚBLICA

1. *Metodologías de ensayo y optimización de la combustión de líquidos: Desarrollo y aplicación a tecnologías de baja emisión de CO₂ para generación de energía.*
FINANCIACIÓN: MEC, Convocatoria Retos Investigación, ENE2016-76436-R
INVESTIGADOR PRAL: J. Ballester
PARTICIPANTES: J. Barroso, L.M. Cerecedo, A. Muelas, P. Remacha
DURACIÓN: 2016-2020
2. *Simulacro de alta fidelidad en combustión industrial mediante modelos de orden reducido.*
FINANCIACIÓN: MINECO/FEDER, UE, ENE2016-80143-R
INVESTIGADOR PRAL: N. Fueyo
DURACIÓN: 2016-2020
3. *Preparación y cualificación de nuevos combustibles: Integración de cadenas de valor y economía circular en la industria del biodiesel.*
FINANCIACIÓN: MEC, Convocatoria Retos Colaboración, RTC-2016-4618-3 (en colaboración con IUCT-Inkemia, UCLM)
INVESTIGADOR PRAL: J. Ballester
PARTICIPANTES: J. Barroso, S. Jiménez, A. Muelas, A. Pina, P. Remacha
DURACIÓN: 2016-2019
4. *Desarrollo y demostración de estrategias avanzadas de supervisión y control para mejora de flexibilidad y optimización de plantas de generación de ciclo combinada (OCTAVE).*
FINANCIACIÓN: MEC, Convocatoria Retos Colaboración. TRC-2016-4845-3 (en colaboración con Iberdrola)
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester
EQUIPO: A. Soria, A. Sobrino, E. Luciano, A. Melero, A. Morós
DURACIÓN: 2016-2019
5. *Modelado computacional avanzado y optimizado del comportamiento celular en matrices piezoeléctricas.*
FINANCIACIÓN: MINECO/UPV-Bio, UPV-Med, Fundación BCMaterials, I3A-AMF
INVESTIGADOR PRAL: G. Hauke
DURACIÓN: 2017-2019
6. *"Simulación Hidrodinámica" dentro del Proyecto presentado por el Grupo Operativo "Uso eficiente de medios predictivos para el control de especies invasoras".*
FINANCIACIÓN: Gobierno de Aragón
INVESTIGADOR PRAL: C. González
DURACIÓN: 2018-2020

7. *Prioritise energy efficiency (EE) measures in public buildings: a decision support tool for regional and local public authorities.*
FINANCIACIÓN: Unión Europea, Universidad Zaragoza
INVESTIGADOR PRAL: N. Fueyo
DURACIÓN: 2017-2019
8. *Nuevas tecnologías de calentamiento y control aplicado a electrodomésticos para mejorar la experiencia de usuario (arque)- grupo gas.*
FINANCIACIÓN: MINECO, RTC-2017-5965-6
INVESTIGADOR PRAL: N. Fueyo
DURACIÓN: 2018-2021
9. *Paneles solares híbridos de alta eficiencia integrados con un sistema de trigeneración calor, electricidad y frío para el sector agroalimentario.*
FINANCIACIÓN: MINECO, RTC-2017-6026-3
INVESTIGADOR PRAL: N. Fueyo
DURACIÓN: 2018-2021
10. *Herramientas eficientes de alta precisión para la simulación y control de flujos medioambientales.*
FINANCIACIÓN: MINECO (50%) Y FEDER (50%), PGC2018-094341-B-I00
INVESTIGADOR PRAL: P. García-Navarro
DURACIÓN: 2019-2021
11. *Métodos de fabricación, integración y control avanzados para una unidad de calor y potencia basada en una pila PEM de alta temperatura y su aplicación.*
FINANCIACIÓN: MINECO (50%) Y FEDER (50%), DPI2015-69286-C3-1-R
INVESTIGADOR PRAL: L. Valiño, A. Lozano, (IPs y coordinadores)
DURACIÓN: 2016-2019
12. *Grupo de investigación de referencia "Mecánica de fluidos para una energía limpia.*
FINANCIACIÓN: Gobierno de Aragón
INVESTIGADOR PRAL: A. Lozano
DURACIÓN: 2018-2019
13. *Diseño óptimo e integración de plantas de potencia con pilas de combustible de tipo PEM para vehículos eléctricos autónomos o tripulados de forma remota.*
FINANCIACIÓN: DGYCIT, RTI2018-096001-B-C31
INVESTIGADOR PRAL: F. Barreras, L. Valiño, (IPs y coordinadores)
DURACIÓN: 2019-2021
14. *Prototipo de una pila de combustible modular tipo PEM de alta temperatura.*
FINANCIACIÓN: Gobierno de Aragón, LMP246_18
INVESTIGADOR PRAL: L. Valiño
DURACIÓN: 2019-2020

- 15.** *Sistema de almacenamiento de energía a gran escala mediante batería de flujo redox de vanadio: demostración experimental a escala de 1 kW.*
FINANCIACIÓN: CSIC, Proyecto intramural especial 201980E101
INVESTIGADOR PRAL: R. Santamaría
PARTICIPANTES: F. Barreras, A. Lozano, M. Montiel, R. Mustata, L. Valiño
DURACIÓN: 2016-2019

4.3 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIACIÓN INDUSTRIAL

1. *EGR Coolers Characterization.*
FINANCIACIÓN: Valeo Térmico, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester
PARTICIPANTES: P. Remacha, A. Pina
DURACIÓN: 2017-2020
2. *Cálculo de la curva de gasto en la estación de aforo de Goizueta (Navarra).*
FINANCIACIÓN: Gestión Ambiental de Navarra, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: C. González
DURACIÓN: 2018-2019
3. *Estudio de emisiones de gas en las redes de distribución de gas natural.*
FINANCIACIÓN: Española del Gas - SEDIGAS
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester
PARTICIPANTES: P. Remacha, J. Barroso, A. Pina, J. Torrubia, E. Tizné
DURACIÓN: 2018-2019
4. *Diseño fluidodinámico de venting cooktops.*
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo
DURACIÓN: 2018-2019
5. *Diseño fluidodinámico de washer-dryers.*
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo
DURACIÓN: 2018-2020
6. *Challenges in computational burner design.*
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo
DURACIÓN: 2018-2019
7. *Development of computational simulation tools for health monitoring and control of cardiovascular responses to surgical alterations.*
FINANCIACIÓN: DEXTERA S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro, J. Murillo
PARTICIPANTES: A. Navas, M. Morales
DURACIÓN: 2017-2019
8. *Services for development of new software capabilities.*
FINANCIACIÓN: Hydronia L.L.C.
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro
PARTICIPANTES: J. Murillo, M. Morales, J. Fernandez Pato, S. Martinez Aranda, I. Echeverribar, A. Navas, P. Brufau
DURACIÓN: 2016-2019

9. *Licencia de explotación del know-how: software para OILFLOW2D.*
FINANCIACIÓN: Hydronia L.L.C.
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro
DURACIÓN: 2014-2026
10. Hornos de recalentamiento inteligentes para procesos siderúrgicos competitivos y sostenibles (HORUS).
FINANCIACIÓN: ArcelorMittal Innovación, Investigación e Inversión, S.L.
INVESTIGADOR PRAL.: L. Valiño
PARTICIPANTES: A. Pascau, J. Barroso
DURACIÓN: 2017-2019
11. CONFIDENCIAL.
FINANCIACIÓN: Internacional Hispacold, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: G. Hauke
DURACIÓN: 2017-2019
12. *Characterization of a system to atomize molten steel.*
FINANCIACIÓN: ArcelorMittal Innovación, Investigación e Inversión, S.L.
INVESTIGADOR PRAL.: A. Lozano
PARTICIPANTES: F. Barreras, A. Pina, A. Campos
DURACIÓN: 2018-2020
13. *Análisis técnico del proyecto de recrecimiento del embalse de Yesa en aspectos hidrológicos e hidráulicos.*
FINANCIACIÓN: Asociación Río Aragón
INVESTIGADOR PRAL.: C. González
DURACIÓN: 2018-2019
14. *Estudio experimental de sistemas de ventilación integrados en encimeras.*
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester
PARTICIPANTES: P. Remacha, A. Pina, E. Tizné, A. Grande
DURACIÓN: 2019
15. CONFIDENCIAL.
FINANCIACIÓN: Naturgy
ENTIDADES PARTICIP.: Universidad de Zaragoza/LIFTEC
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester
PARTICIPANTES: A. Soria, A. Sobrino
DURACIÓN: 2019
16. *Reducción de emisiones en los procesos de arranque y paro de centrales de ciclo combinado.*
FINANCIACIÓN: Iberdrola
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester
PARTICIPANTES: A. Soria, A. Sobrino, J. Melero, J. Torrubia
DURACIÓN: 2019-2021

- 17.** *Desarrollo de una aplicación para la visualización de datos/actuaciones /indicadores.*
FINANCIACIÓN: Asociación Bajo Aragón-Matarraña (OMEZYMA)
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo
DURACIÓN: 2019-2020
- 18.** *Verificación del diseño fluidodinámico y térmico de un resuperador de calor de haz de tubos.*
FINANCIACIÓN: KALFRISA S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo
DURACIÓN: 2019
- 19.** *Diseño fluidodinámico de venting cooktops.*
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo
PARTICIPANTES: A. Soria, A. Sobrino, J. Melero, J. Torrubia
DURACIÓN: 2019-2021
- 20.** *Servicio de estudio, comportamiento y dimensionado de las Redes de Riego correspondientes al "Proyecto de puesta en Riego de la zona 2 de la comunidad de regantes APAC de Mequinenza (Zaragoza) y su influencia con la Red 1 en Explotación.*
FINANCIACIÓN: Comunidad de Regantes APAC de Mequinenza
INVESTIGADOR PRAL.: R. Aliod
DURACIÓN: 2019
- 21.** *Servicio de Acción formativa Diseño y Gestión de Redes Colectivas.*
FINANCIACIÓN: SARGA
INVESTIGADOR PRAL.: R. Aliod
DURACIÓN: 2019
- 22.** *Contrato de explotación Licencia GESTAR.*
FINANCIACIÓN: Infraestructuras de la Generalitat de Catalunya S.A.U.
INVESTIGADOR PRAL.: R. Aliod
DURACIÓN: 2019

4.4 PUBLICACIONES EN REVISTAS INTERNACIONALES

1. *Stabilized Virtual Element Methods for the unsteady incompressible Navier-Stokes equations.*
D. Irisarri, G. Hauke
Calcolo, **56(38)**, 1-21 (2019)
2. *Production and droplet combustion characteristics of waste tyre pyrolysis oils.*
A. Muelas, M. Callén, R. Murillo, J. Ballester
Fuel Processing Technology, **196**, 106149 (2019)
DOI: 10.1016/j.fuproc.2019.106149
3. *Alternative method for the formulation of surrogate liquid fuels based on evaporative and sooting behaviors.*
A. Muelas, D. Aranda, J. Ballester
Energy and Fuels, **(33)6**, 5719-5731 (2019)
4. *A numerical scheme for the thermodynamic analysis of gas turbines.*
M. Colera, Á. Soria, J. Ballester
Applied Thermal Engineering, **147**, 521-536 (2019)
5. *Life cycle assessment of production of black locust logs and straw pellets for energy purposes.*
A. Zelazna, A. Kraszkievicz, A. Przywara, G. Lagod, Z. Suchorab, S. Werle, J. Ballester, R. Nosek
Environ. Progress & Sustainable Energy, **(38)1**, 163-170 (2019)
6. *Droplet Combustion and Sooting Characteristics of UCO Biodiesel, Heating Oil and their Mixtures under Realistic Conditions.*
Á. Muelas, P. Remacha, J. Ballester
Combustion and Flame, **203**, 190-203 (2019)
7. *Technoeconomic assessments of hybrid photovoltaic-thermal vs. conventional solar-energy systems: Case studies in heat and power provision to sports centres.*
K. Wang, M. Herrando, A.M. Pantaleo, C.N. Markides
Applied Energy, **254**, 113657 (2019)
DOI: 10.1016/j.apenergy.2019.113657
8. *Solar combined cooling, heating and power systems based on hybrid PVT, PV or solar-thermal collectors for building applications.*
M. Herrando, K. Wang, A.M. Pantaleo, C.N. Markides
Renewable Energy, **143**, 637-647 (2019)
DOI: 10.1016/j.renene.2019.05.004.
9. *A comprehensive assessment of alternative absorber-exchanger designs for hybrid PVT-water collectors.*
M. Herrando, A. Ramos, I. Zabalza, C.N. Markides
Applied Energy **235**, 1583-1602 (2019)

DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.11.024.

10. *Thermoeconomic assessment of a PV/T combined heating and power system for University Sport Centre of Bari.*
K. Wang, M. Herrando, A.M. Pantaleo, C.N. Markides
Energy Procedia **158**, 1229-1234 (2019)
DOI: 10.1016/j.egypro.2019.01.312.
11. *PrioritEE approach to reinforce the capacities of local administrations in the energy management of public buildings.*
M. Salvia, S. Simoes, N. Fueyo, C. Cosmi, K. Papadopoulou, J.P. Gouveia, A. Gómez, E. Taxeri, F. Pietrapertosa, K. Rajić, A. Babić, M. Proto
Smart Innovation, Systems and Technologies, **101**, 601-608 (2019)
DOI: 10.1007/978-3-319-92102-0_64
12. *A reduced mechanism for the prediction of methane-hydrogen flames in cooktop burners.*
E. Gimeno-Escobedo, A. Cubero, J.S. Ochoa, N. Fueyo
International Journal of Hydrogen Energy, **44**, 27123-27140 (2019)
DOI: 10.1016/j.ijhydene.2019.08.165
13. *Simulación de avenidas mediante un modelo hidráulico/hidrológico distribuido en un tramo urbano del río Ginel (Fuentes de Ebro).*
J. Fernández-Pato, A. Sánchez, P. García-Navarro
Ribagua, **6**, iss. 1, 49-62 (2019)
DOI: 10.1080/23863781.2019.1622473
14. *Modelos de simulación de alto orden para la resolución de fenómenos de propagación de ondas en flujos de lámina libre con turbulencia.*
A. Navas-Montilla, J. Murillo, P. García-Navarro
Ingeniería del agua, **23** (4), 275-287 (2019)
DOI: 10.4995/ia.2019.12169
15. *Computational hemodynamics in arteries with the one-dimensional augmented fluid-structure interaction system: viscoelastic parameters estimation and comparison with in-vivo data.*
G. Bertaglia, A. Navas-Montilla, A. Valiani, M.I. García, J. Murillo, V. Caleffi
Journal of Biomechanics, **100**, 109595 (2019)
DOI: 10.1016/j.jbiomech.2019.109595
16. *Formulation of exactly balanced solvers for blood flow in elastic vessels and their application to collapsed states.*
J. Murillo, A. Navas-Montilla, P. García-Navarro
Computers & Fluids, **186**, 74-98 (2019)
DOI: 10.1016/j.compfluid.2019.04.008

17. *2D numerical simulation of unsteady flows for large scale floods prediction in real time.*
I. Echeverribar, M. Morales-Hernández, P. Brufau, P. García-Navarro
Advances in water resources, **134**, 103444 (2019)
DOI: 10.1016/j.advwatres.2019.103444
18. *The shallow water equations and their application to realistic cases.*
P. García-Navarro, J. Murillo, J. Fernández-Pato, I. Echeverribar, M. Morales-Hernández
Environmental fluid mechanics, **19**, 1235-1252 (2019)
DOI: 10.1007/s10652-018-09657-7
19. *A 1D numerical model for the simulation of unsteady and highly erosive flows in rivers.*
S. Martínez-Aranda, J. Murillo, P. García-Navarro
Computers & fluids, **181**, 8-34 (2019)
20. *Improved Riemann solvers for an accurate resolution of 1d and 2d shock profiles with application to hydraulic jumps.*
A. Navas-Montilla, J. Murillo
Journal of computational physics, **378**, 445-476 (2019)
21. *Use of internal boundary conditions for levees representation: application to river flood management.*
I. Echeverribar, M. Morales-Hernández, P. Brufau, P. García-Navarro
Environmental fluid mechanics, **19**, 1253-1271 (2019)
DOI: 10.1007/s10652-018-09658-6
22. *Irrigation and energy: Issues and challenges.*
G. Belaud, L. Mateos, R. Aliod, M.C. Buisson, E. Faci, S. Gendre, G. Ghinassi, R. Gonzales Perea, C. Lejars, F. Maruejols N. Zapata
Irrigation and Drainage, Abril (2019)
DOI: 10.1002/ird.2343
23. *Optimal design of drip irrigation submains: pressure-compensating emitters.*
C.E. Schilardi Sícoli, R. Aliod, F. Zorilla J.A. Morábito
Revista de la Facultad de Cs. Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo. (Argentina), **51**, Junio (2019)
24. *Assessment of the durability of low-cost Al bipolar plates for High Temperature PEM Fuel Cells.*
C. Alegre, L. Álvarez-Manuel, R. Mustata, L. Valiño, A. Lozano, F. Barreras
International Journal of Hydrogen Energy, **44 (25)**, 12748-12759 (2019)
25. *Assessment of energy management in a fuel cell/battery hybrid vehicle.*
M. Carignano, V. Roda, R. Costa-Castelló, L. Valiño, A. Lozano, F. Barreras
International IEEE Access, **7 (1)**, 16110-16122 (2019)

- 26.** *Single cell induced starvation in a high temperature proton exchange membrane fuel cell stack*
C. Alegre, A. Lozano, A. Pérez-Manso, L. Álvarez-Manuel, F. Fernández-Marzo, F. Barreras
Applied Energy, **250**, 1176-1189 (2019)

4.5 PUBLICACIONES EN REVISTAS NACIONALES

1. Stabilized virtual element method for the incompressible Navier-Stokes equations.
G. Hauke, D. Irisarri
Monografías del Seminario Matemático "García Galdeano", **42**, 143-152
Eds.: E. Ahusborde, C. Amrouche, J.L. Gracia, M.C. López de Silanes,
M. Palacios, 2019. ISBN: 978-84-1340-039-6
DOI: 10.1007/s10092-019-0332-5

4.6 PRESENTACIONES EN CONGRESOS

1. *Stabilized VEM for unsteady incompressible flows.*
G. Hauke, D. Irisarri
Variational Stabilization, Structure- and Positivity-preserving Techniques for Complex Flows. Chicago (EE.UU.), 31 Marzo-3 Abril, 2019
Presentación: Ponencia
2. *Advances on the Computation of Turbomachinery flows with ALE and MRF methods.*
G. Hauke, D. Irisarri
G.I. Taylor Medal Symposium: Variational Multiscale Methods in Mechanics SES 2019. St. Louis (EE.UU.), 13-15 Octubre, 2019
Presentación: Ponencia
3. *Advanced diagnostic and control methods for practical flames.*
J. Ballester
11th Mediterranean Combustion Symposium , Tenerife (España), 16-20 Junio, 2019
Presentación: Keynote Lecture
4. *Combustion of crude glycerol and its blends with acetals.*
A. Muelas, P. Remacha, A. Pina, J. Barroso, A. Sobrino, D. Aranda, N. Bayarri, C. Estévez, J. Ballester
11th Mediterranean Combustion Symposium , Tenerife (España), 16-20 Junio, 2019
Presentación: Oral
5. *Assessment of uncertainties in predicted evaporation rates of diesel droplets.*
M. Asrardel, A. Muelas, J. Ballester
11th Mediterranean Combustion Symposium , Tenerife (España), 16-20 Junio, 2019
Presentación: Póster
6. *Solar combined cooling heating and power systems based on pvt collectors for industrial applications: techno-economic assessment.*
M. Herrando, R. Simón, I. Guedea, N. Fueyo
14th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2019). Dubrovnik (Croacia), 1-6 Octubre, 2019
Presentación: Ponencia y Artículo
7. *Supporting local authorities in the building stock management: Main results of the application of an integrated approach in five mediterranean pilots.*
M. Salvia, S. Simoes, J. Gouveia, M. Herrando, N. Fueyo, A. Gómez, M. Čavar, C. Cosmi, K. Papadopoulou, E. Taxeri, F. Pietrapertosa, K. Rajić, S. Di Leo, M. Proto.
14th Conference on Sustainable Development of Energy, Water and Environment Systems (SDEWES2019). Dubrovnik (Croatia), 1-6 Octubre, 2019

Presentación: Oral y Artículo

8. *Thermoeconomic assessment of a spectral-splitting hybrid PVT system in dairy farms for combined heat and power.*
K. Wang, A.M. Pantaleo, M. Herrando, I. Pesmazoglou, B.M. Franchetti, C.N. Markides
The 32nd International Conference on Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems (ECOS2019), Wroclaw (Polonia), 23-28 Junio, 2019.
Presentación: Oral y Artículo
9. *A decision support tool to rank energy efficiency options in services buildings.*
J.P. Gouveia, S.G. Simoes, M. Čavar, A. Babić, M. Salvia, C. Cosmi, N. Fueyo, M. Herrando, A. Gómez
4th International Conference on Energy and Environment: bringing together Engineering and Economics Guimarães, (Portugal), 16-17 Mayo, 2019
Presentación: Oral
10. *Integration of GIS, High Performance Numerical GPU Models and Cloud Computing for Large Scale Hydrological-Hydraulic Simulations.*
J. Fernández-Pato, M. Morales-Hernández, P. García-Navarro, R. García, N. Calero, J. Artigas
Hydro-Environment Sensors and Software. HydroSenSoft 2019. Madrid (España), 26 de Febrero - 1 de marzo, 2019
Presentación: Póster
11. *2D non-intrusive measurements of dam-break waves in channels with movable bed and width variations.*
S. Martínez-Aranda, A. Navas-Montilla, I. García-Palacín, P. García-Navarro
EGU General Assembly 2019, EGU 2019, Viena (Austria), 7-12 Abril, 2019
Presentación: Oral
12. *Overcoming numerical difficulties of culvert implementation in 2D shallow flow models.*
J. Fernández-Pato, M. Morales-Hernández, P. García-Navarro
Modelling Hydrodynamics for Water Resources. MODWATER19. Zaragoza (España), 17-20 Junio, 2019
Presentación: Oral
13. *A two-dimensional model for hyperconcentrated shallow flows with variable density and non-uniform bedload transport.*
S. Martínez-Aranda, J. Murillo, P. García-Navarro
Modelling Hydrodynamics for Water Resources. MODWATER19. Zaragoza (España), 17-20 Junio, 2019
Presentación: Oral

14. *Implementation of a 1D-2D coupled model on GPU for real flood cases.*
I. Echeverribar, M. Morales-Hernández, P. Brufau, P. García-Navarro
Modelling Hydrodynamics for Water Resources. MODWATER19. Zaragoza (España), 17-20 Junio, 2019
Presentación: Oral
15. *Avances y retos en la aplicación de modelos numéricos 2D para la predicción de eventos hidráulicos extremos asociados al cambio climático.*
S. Martínez-Aranda, J. Murillo, M. Morales-Hernández, J. Fernández-Pato, I. Echeverribar, P. Brufau, P. García-Navarro
III Congreso Nacional / V Jornadas de Investigadores en Formación. JIFFI 2019. Granada (España), 26-28 junio, 2019
Presentación: Oral
16. *Simulación fluidodinámica de encimeras Venting.*
N. Fueyo, A. Cubero, A. Moneva
XIV Jornada de los Grupos de Investigación, BSH Electrodomésticos, Zaragoza, (España), 12 Septiembre, 2019
Presentación: Ponencia Invitada
17. *Use of Riemann solvers and High Performance Computing for 2D hydraulic and morphodynamic numerical simulations.*
I. Echeverribar, S. Martínez-Aranda, J. Fernández-Pato, M. Morales-Hernández, J. Murillo, P. García-Navarro
AGU Fall meeting 2019, San Francisco (EEUU), 9-13 Diciembre, 2019
Presentación: Oral
18. *Simulation of waterflow and contaminant dispersion at coastal areas: Application to the Seaport of Málaga.*
J. Fernández-Pato, M. Morales-Hernández, G. Gordillo, P. García-Navarro
II Congreso de Jóvenes Investigadores del Mar, Málaga (España), 1-4 Octubre, 2019
Presentación: Oral
19. *Experimental analysis and performance of a 5-cells HT-PEMFC stack under induced starvation of reactant gases.*
C. Alegre, A. Lozano, A. Pérez Manso, L. Álvarez-Manuel, F. Fernández, F. Barreras
VII Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries, HYCELTEC-2019, Barcelona, (España), 1-3 Julio, 2019
Presentación: Oral
20. *Post-mortem analysis of a 5-cell HT-PEMFC stack under the effect of induced starvation of reactant gases.*
C. Alegre, A. Lozano, A. Pérez Manso, L. Álvarez-Manuel, F. Fernández, F. Barreras
VII Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries, HYCELTEC-2019, (Barcelona), España, 1-3 Julio, 2019
Presentación: Oral

- 21.** *Evaluation of the corrosion resistance of Ni(P)Cr coatings for bipolar plates by electrochemical impedance spectroscopy.*
F. Fernández, A. Pérez Manso, C. Alegre, A. Lozano, F. Barreras
VII Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries,
HYCELTEC-2019, (Barcelona), España, 1-3 Julio, 2019
Presentación: Póster
- 22.** *Study of the corrosion behavior of tantalum coatings on AISI316 substrate for bipolar plates of PEM fuel cells.*
A. Pérez Manso, F. Fernández, X. Garicano, C. Alegre, A. Lozano, F. Barreras
VII Iberian Symposium on Hydrogen, Fuel Cells and Advanced Batteries,
HYCELTEC-2019, (Barcelona), España, 1-3 Julio, 2019
Presentación: Póster

4.7 PARTICIPACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE EVENTOS

ASISTENCIA A WORKSHOP:

1. *First Colloquium of the Spanish Theoretical And Applied Mechanics Society.* STAMS (2019). Madrid (España), 28-29 Marzo, 2019
A. Cubero, A. Sánchez-Insa, N. Fueyo
Presentación: Póster

ORGANIZACIÓN DE CONGRESOS

1. Organización del Congreso 11th Mediterranean Combustion Symposium (MSC11)
En el comité organizador: Norberto Fueyo
16-20 Junio 2019, Tenerife
2. Organización del Workshop Internacional: Modelling Hydrodynamics for Water Resources (MODWATER19)
En el comité organizador: Pilar García Navarro, Pilar Brufau, Javier Murillo
17-21 Junio 2019, Zaragoza

4.8 CONFERENCIAS, CURSOS, VISITAS Y ESTANCIAS

- | | |
|--------------|--|
| TEMA: | Nano Wold. Properties and applications of some magnetic nanomaterials. |
| VISITANTE: | Dragos Viorel Brezoi |
| RESPONSABLE: | G. Hauke y J.I. Peña |
| PROCEDENCIA: | Faculty of Materials Engineering and Mechanics Valahia University of Targoviste. |
| FECHAS: | 29-05-2019 |
| TEMA: | Composite Materials. Processing by P/M, properties and applications |
| VISITANTE: | Ileana Nicoleta Popescu |
| RESPONSABLE: | G. Hauke y J.I. Peña |
| PROCEDENCIA: | Faculty of Materials Engineering and Mechanics Valahia University of Targoviste. |
| FECHAS: | 30-05-2019 |
| VISITANTE: | Mireya Lapo Pauta |
| RESPONSABLE: | R. Aliod |
| PROCEDENCIA: | Universidad Técnica Particular de Loja (Ecuador) |
| FECHAS: | Febrero y marzo - 2019 |

4.9 REVISOR REVISTAS CIENTÍFICAS

Doctor Ricardo Aliod

- * Journal of Irrigation & Drainage Engineering

Doctora María Herrando:

- * Renewable & Sustainable Energy Reviews
- * Energy Conversion and Management
- * Energy & Buildings
- * Renewable Energy
- * Applied Thermal Engineering
- * Journal of Environmental Management

4.10 PATENTES (ÚLTIMOS 5 AÑOS)

1. TÍTULO: Dispositivo para el tratamiento mediante cavitación hidrodinámica de líquidos contaminados o infectados.
INVENTORES: C. Dopazo, L.M. Cerecedo
N. DE SOLICITUD: P201630269
PAÍS DE PRIORIDAD: España
FECHA DE PRIORIDAD: 2016
ENTIDAD TITULAR: Universidad de Zaragoza
2. TÍTULO: Sistema modular y autónomo de generación, almacenamiento y suministro de hidrógeno para su aprovechamiento energético.
INVENTORES: V. Roda, F. Barreras, L. Valiño, R. Mustata, A. Lozano
N. DE SOLICITUD: Acta depósito secreto industrial 3184_2017
PAÍS DE PRIORIDAD: España
FECHA DE PRIORIDAD: 20 junio 2017
ENTIDAD TITULAR: CSIC

