

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

**Memoria de Actividades  
Año 2020**



**Universidad de Zaragoza**





# Memoria de Actividades Año 2020

## Departamento de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos



Universidad  
Zaragoza

1542

**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 2020**

**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 19/20 para las actividades docentes y al año natural 2020 para el resto. A pesar de las habituales dificultades presupuestarias, y de las dificultades excepcionales de este periodo tan duro, el departamento sigue desarrollando una intensa actividad académica e investigadora, manteniendo tanto su calidad como su cantidad. En este periodo se han defendido 22 Trabajos de Fin de Grado, 10 Trabajos de Fin de Máster y 4 Tesis Doctorales bajo la dirección de alguno de nuestros miembros del departamento. Con respecto a la actividad investigadora se ha participado en 24 Proyectos de Financiación Pública y en 23 Contratos con Financiación Industrial. Se han publicado 60 Artículos en Revistas Internacionales, ha habido 24 Comunicaciones a Congresos y 5 Patentes (últimos 5 años). Nuestras felicitaciones en particular a Víctor Javier Llorente Lázaro, a Ana Belén Núñez Chico, a Ennio Giovanni Luciano y a Burgos Geovanny Gordillo Guambaña, que defendieron en este año su tesis doctoral, así como a sus directores.

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

Pilar García Navarro  
Directora de Departamento  
Zaragoza, Junio 2021

# Índice

## Prólogo

<b>1 Estructura del Departamento</b>	<b>1</b>
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	7
1.7 Personal del Negociado	9
<b>2 Actividad Docente del Departamento.</b>	<b>11</b>
2.1 Docencia en la EINA, ZARAGOZA	11
2.2 Docencia en Facultad de Ciencias, ZARAGOZA	14
2.3 Docencia en Facultad de Educación, ZARAGOZA	15
2.4. Docencia en la EUPS, HUESCA	15
2.5 Docencia en la EUP, TERUEL	16
2.6 Docencia en la EUP La Almunia	16
2.7 Trabajo Fin de Grado	17
2.8 Trabajo Fin de Máster	20
2.9 Tesis Doctorales Defendidas	22
2.10 Conferencias y Seminarios	23
2.11 Divulgación	23
2.12 Premios y Reconocimientos	24
<b>3 Actividad de I+D+i del Área de Ciencia de Materiales e Ing. Metalúrgica</b>	<b>25</b>
3.1 Líneas de Investigación	25
3.2 Técnicas Experimentales más relevantes	32
3.3 Proyectos de Investigación con Financiación Pública	35
3.4 Proyectos de Investigación con Financiación Industrial	37
3.5 Publicaciones en Revistas Internacionales	38
3.6 Publicaciones en Revistas Nacionales	42
3.7 Presentaciones en Congresos	43
3.8 Capítulos de Libros	46
3.8 Participación y Organización de eventos	46
3.10 Revisor Revistas Científicas	47
3.11 Patentes	49
<b>4 Actividad de I+D+i del Área de Mecánica de Fluidos</b>	<b>51</b>
4.1 Líneas de Investigación	51
4.2 Proyectos de Investigación con Financiación Pública	62
4.3 Proyectos de Investigación con Financiación Industrial	65
4.4 Publicaciones en Revistas Internacionales	68
4.5 Publicaciones en Revistas Nacionales	72
4.6 Presentaciones en Congresos	73
4.7 Participación y Organización de Eventos	75
4.8 Revisor Revistas Científicas	75
4.9 Patentes	76







**1.1 SEDE CENTRAL**

---

Dpto. de Ciencia y Tecnología de Materiales y Fluidos  
Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA)  
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 (ACMIM):

- 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 (AMF):

- 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 Díez Moñux .....	Secretario
Miguel Castro Corella.....	Coordinador del ACMIM
María Antonieta Madre Sediles .....	Representante del ACMIM en C. Permanente
Javier Murillo Castarlenas.....	Coordinador del AMF (Hasta 22-junio-2020)
Esteban Calvo Bernad.....	Coordinador del AMF (Desde 23-junio-2020)
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

---

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 Universidad de Zaragoza.
Dra. Pilar García Navarro	Miembro Junta Consultiva Académica de la Universidad de Zaragoza.
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 <sup>a</sup> . Dolores Mariscal Masot	Defensora del Universitario en la Universidad de Zaragoza.
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). Hasta febrero 2020

## 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. José Ignacio Peña Torre	UZ	876 55 5153	jipena@unizar.es
Dr. José Antonio Puértolas Rrafales	UZ	976 76 2521	japr@unizar.es
Dr. Andrés Sotelo Mieg	UZ	976 76 2617	asotelo@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. Juan Carlos Díez 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. 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

#### Profesor Ayudante Doctor

Dra. Ainhoa Urtizberea Lorente	UZ	876 55 5119	ainhoa@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

#### Investigador Juan de la Cierva

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

#### Profesor Colaborador Extraordinario

Dr. Rafael Navarro Linares	UZ	976 76 2529	rnavarro@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. Alfonso Hernández Hernández UZ 876 55 5151 alfonsoh@unizar.es  
 Dña. Celia Mezquita Orero UZ 876 55 5155 mezquita@unizar.es

Personal Investigador Contratado y Becarios

D. Sergio Alonso Lozano Becario OTRI  
 D. Andrés Anadón Bayo Becario OTRI  
 D. Alvaro Cubero Ruiz Contratado Predoctoral  
 Dña María Díaz Pérez Becaria OTRI  
 D. Alejandro Frechilla Zabal Contrato Investigador  
 D. Sergio García Álvarez Becario OTRI  
 Dña Lorena Grima Soriano Contratado Predoctoral  
 D. Evan Maina Naivasha Contrato Investigador  
 D. Miguel Ángel Morales Zapata Becario OTRI  
 D. Javier Pablo Navarro Contratado Predoctoral  
 D. Luis Porta Velilla Becario DGA  
 D. MD Ashiqur Rahman Contrato Investigador  
 D. Héctor Santos Barahona Contrato Investigador  
 D. Juan Ramón Soler Costa Becario OTRI  
 D. Alejandro Tur Gil Becario OTRI

**1.5.2 Facultad de Ciencias, Zaragoza**Catedrático

Dr. José Ignacio Peña Torre UZ 876 55 5153 jipena@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. Juan Carlos Díez Moñux UZ 976 76 2526 monux@unizar.es

### **1.5.3 Facultad de Educación, Zaragoza**

#### Profesores Titulares

Dr. Miguel Castro Corella

UZ 976 76 2528 mcastro@unizar.es

Dr. Ricardo Ríos Jordana

UZ 976 76 2522 ricrios@unizar.es

### **1.5.4 Escuela Universitaria Politécnica de La Almunia**

#### Profesor

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	jjmartin@unizar.es
Dr. Javier Murillo Castarlenas	876 55 5317	jmurillo@unizar.es
Dr. Esteban Calvo Bernad	876 55 5312	calvober@unizar.es

#### Profesores Contratado Doctor

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
Dr. Javier Fernández Pato	876 55 5057	jfpato@unizar.es

#### Profesores Eméritos

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



Investigador Juan de la Cierva.

Dr. Marco de Corato 876 55 5054 mdecorato@unizar.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

Personal Investigador Contratado y Becarios

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. Antonio Carnicer	Colaborador Junior N4 OTRI
D. Ramón Chordá Pérez	Técnico LC en OTRI
Dra. Ana Cubero García	Colaborador Senior N1 en 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. Eduardo Gimeno Escobedo	Colaborador Junior N3.1 en SGI
D. Sergio González Pellejero	Colaborador Formación Universa
D. Geovanny Gordillo	Colaborador N3
D. Andrea Grande Cabello	Becario OTRI
Dra. María Herrando Zapater	Colaboradora Senior N1 en OTRI
D. Pedro Horno Maggioni	Becario FEUZ
D. Miguel Jiménez Tardos	Becario UZ PEX y Prácticas Universa
D. Said El Karidmi Pedraza	Proyecto OTRI
D. Fernando Lizarraga Rocal	Becario OTRI
D. Víctor Llorente Lázaro	Proyecto SGI/UZ
D. Sergio Martínez Aranda	Becario FPI
D. Juan Mairal	Colaborador N4
D. Javier Melero Bepin	Proyecto OTRI
D. Andrés Moneva Yus	Colaborador Junior N4 en OTRI
D. Jorge Monzón Marín	Colaborador Junior N4 en OTRI
D. Álvaro Muelas Expósito	Becario FPU
Dr. Adrián Navas Montilla	Colaborador en Investigación
Dra. Pilar Remacha Gayán	Proyecto OTRI
Dña. Ana Pilar Ruiz Garcés	Proyecto CSIC

Dña. Ana Ruiz García	Beca PEX
Dr. Álvaro Sobrino Calvo	Proyecto OTRI
D. Pablo Solan Fustero	Colaborador N4
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

### **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>	J.A. Pardo, P.B. Oliete M. Artigas
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, J. Murillo R. Mustata
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. Díez
3	<i>Mecánica de Fluidos</i>	N. Fueyo

**2.1.1.5 Grado en Ingeniería Química**

<b>Curso</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
2	<i>Ingeniería de Materiales</i>	E. Natividad
1	<i>Física II</i>	Fco.J. Lázaro, J. Rubín,
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**

<b>Curso</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
2	<i>Fundamentos de Ingeniería de Materiales</i>	L.A. Angurel, H. Amaveda, J.A. Rojo
2	<i>Mecánica de Fluidos</i>	I. García, P. García, N. Fueyo
2	<i>Máquinas e Instalaciones de Fluidos</i>	Fco. Alcrudo, E. Calvo, G. Hauke
3	<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**

<b>Cuatrim</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
-	<i>Taller universitario de creación fotográfica</i>	I. García

### 2.1.3 Másteres Universitarios

#### 2.1.3.1 Máster Universitario en Arquitectura

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

#### 2.1.3.2 Máster Universitario en Ingeniería Biomédica

<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
<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

<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
<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. Díez
<i>Modelos y Simulación de Fluidos e Instalaciones</i>	P. García

#### 2.1.3.4 Máster Universitario en Ingeniería Mecánica

<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
<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 Rotating Machinery

<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
<i>Principles of Turbomachinery</i>	F. Alcrudo
<i>Pumps &amp; applications</i>	G. Hauke

## 2.2 DOCENCIA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS, ZARAGOZA

### 2.2.1 Grados

#### 2.2.1.1 Grado en Física

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

#### 2.2.1.2 Grado en Física y Matemáticas

Curso	Asignatura	Profesores
4	<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. Díez

#### 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

<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
<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

<b>Curso</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
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

<b>Curso</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
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

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

### 2.4.4 Máster Propio en Gestión Sostenible del Agua

<b>Curso</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
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

<b>Curso</b>	<b>Asignatura</b>	<b>Profesores</b>
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

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

### 2.6.2 Grado en Ingeniería de Organización Industrial (Formato presencial y on\_line)

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

## 2.7 TRABAJO FIN DE GRADO

---

AUTOR: Xavier Burrull Allan

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza

DIRECTORES: Javier Amadeo Blasco Alberto, José Antonio Bea Cascarosa

TÍTULO: Análisis mediante elementos finitos de bridas.

AUTOR: Samuel Carro Tierno

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza

DIRECTOR: Javier A. Murillo Castarlenas

TÍTULO: Un estudio comparativo entre esquemas numéricos para flujo unidimensional en canales.

AUTOR: Sergio Fernández Ruiz

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza

DIRECTORES: Luis Alberto Angurel Lambán, Miguel Castro Corella

TÍTULO: Uso de tratamientos láser para la modificación superficial de aceros inoxidables con capas de óxido.

AUTOR: María García Maestre

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza

DIRECTOR: Eva Natividad Blanco

TÍTULO: Fabricación y caracterización de filamentos basados en PLA para impresión 3D.

AUTOR: Sergio González Pellejero

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza

DIRECTOR: Norberto Fueyo Díaz

TÍTULO: Análisis de los procesos de calentamiento y ebullición de líquidos durante el cocinado de alimentos por inducción.

AUTOR: Andrea Gutiérrez Hernández

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza

DIRECTORES: Eduardo Murcia Tejero, Javier Amadeo Blasco Alberto

TÍTULO: Diseño 3D en software específico de proyecto de tuberías en nueva planta evaporador.

AUTOR: Mario Martín Ortíz

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza

DIRECTORES: Javier Amadeo Blasco Alberto, Manuela Pérez Pérez

TÍTULO: Estudio de viabilidad de un start-up para gestionar la entrada y la limpieza de apartamento de alquiler turístico.

AUTOR: Laura Marina Morcillo Romero

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza

DIRECTORES: Scott Shaffar (San Diego State University), Luis Alberto Angurel Lambán

TÍTULO: Caracterización del parche de superposición de Dexcom. Dexcom overlay patch characterization.

- AUTOR: Álvaro Murillo Murillo  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Mario Juan Mora Alfonso, Hippolyte Amaveda Metonou  
TÍTULO: Evaluación de la adherencia de uniones entre láminas de cobre con resina epoxi.
- AUTOR: Andrea Nuez Martín  
TITULACIÓN: Grado en Estudios en Arquitectura. EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: María Cristina Cabello Matud, Miguel Castro Corella  
TÍTULO: Arquitectura de los nuevos materiales: vidrio e innovaciones de la transparencia.
- AUTOR: Miguel Ortega Lastanao  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza  
DIRECTOR: José Ignacio García Palacín  
TÍTULO: Estudio de un flujo saturado en un tanque de arena bidimensional.
- AUTOR: Ángela Palacín Vázquez  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Jorge Á. Barroso Estébanez, Félix M. Barreras Toledo  
TÍTULO: Diseño del sistema de refrigeración de una pila de combustible de tipo PEM de 1kW.
- AUTOR: Andrés Puerto Madorrán  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: José Luis Santolaya Sáenz, Luis Manuel Cerecedo Figueroa  
TÍTULO: Proyecto de dispositivo experimental para el tratamiento de aguas residuales mediante cavitación hidrodinámica.
- AUTOR: Francisco Rubio Martínez  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Pilar Brufau García, Radu Mustata Oroviceanu  
TÍTULO: Análisis computacional de la aerodinámica de un Tesla model S con Ansys-Fluent.
- AUTOR: Jesús Sánchez Adiego  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza  
DIRECTOR: Javier Amadeo Blasco Alberto  
TÍTULO: Estrategias de reducción de costes en tuberías en el diseño de plantas industriales.
- AUTOR: Alejandro Sánchez Gracia  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza  
DIRECTOR: Javier M. Ballester Castañer  
TÍTULO: Sistema híbrido de energía fotovoltaica y pila de combustible para una ERM de la red de transporte de gas natural.

AUTOR: Luis Marqués Jarque  
TITULACIÓN: Grado en Ciencias Ambientales, EPS-H, Huesca  
DIRECTOR: César González Cebollada  
TÍTULO: Análisis de la evolución histórica de las aportaciones hídricas anuales de los ríos españoles.

AUTOR: Nicolás Grassa López  
TITULACIÓN: Grado en Ciencias Ambientales, EPS-H, Huesca  
DIRECTOR: César González Cebollada  
TÍTULO: Análisis de sensibilidad del estudio de regulación del recrecimiento del embalse de Yesa (Navarra).

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

AUTOR: Álvaro Ibáñez Casao  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Jorge Barroso Estébanez, Manuel Montiel Argáiz  
TÍTULO: Diseño hidráulico de una instalación para una batería de flujo Redox.

AUTOR: Eduardo López Gimeno  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería Mecánica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Radu Mustata Orovieceanu, Raúl Losantos Viñuales  
TÍTULO: Estudio termodinámico de una pila de combustible de membrana polimérica de alta temperatura (HTPEMFC) mediante simulación numérica en códigos de fuentes libres (OpenFOAM).

AUTOR: Miguel Ortega Lastanao  
TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales, EINA, Zaragoza  
DIRECTOR: José Ignacio García Palacín  
TÍTULO: Estudio del flujo saturado en un tanque de arena bidimensional.

## 2.8 TRABAJO FIN DE MÁSTER

---

AUTOR: María Angurel Hombrados  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza  
DIRECTOR: Luis Alberto Angurel Lambán  
TÍTULO: Desarrollo de nuevos procesos láser para la modificación superficial de aceros inoxidables.

AUTOR: Raúl Aparicio Yuste  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Biomédica, EINA, Zaragoza  
DIRECTOR: Javier Antonio Murillo Castarlenas  
TÍTULO: Simulación hemodinámica de la distribución del flujo en una hepatectomía.

AUTOR: Roberto Ascorbe Campo  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Alberto Cuadrado Madrona, Francisco Alcrudo Sánchez  
TÍTULO: Modelado y análisis del sistema de ventilación del túnel de San Lorenzo (autovía A-15).

AUTOR: Eva Escribano Tambo  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Javier Antonio Murillo Castarlenas, Julia Ramírez García  
TÍTULO: Simulación numérica de intervenciones laparoscópicas en humanos.

AUTOR: Alejandro Frechilla Zabal  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: José Angel Pardo Gracia, Luis Alberto Angurel Lambán  
TÍTULO: Aplicación de tratamientos térmicos con tecnologías láser en películas delgadas de HfO<sub>2</sub>.

AUTOR: María Teresa López-Franco Jiménez  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Biomédica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Lucía Gutiérrez Marruedo, Francisco José Lázaro Osoro  
TÍTULO: Estudio de colorimetría de suspensiones de partículas de óxidos de Fe a lo largo de su proceso de degradación mediante la utilización de la cámara de un teléfono móvil.

AUTOR: Javier Martínez Martín  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Biomédica, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Miguel Castro Corella, Luis Porta Velilla  
TÍTULO: Coeficiente específico de absorción fototérmico de nanopartículas de oro de interés en aplicaciones biomédicas mediante fotocalorimetría: comparación con cálculos teóricos.

AUTOR: Jorge Torrubia Torralba  
TITULACIÓN: Máster Universitario en Energías Renovables y Eficientes, EINA, Zaragoza  
DIRECTORES: Javier Manuel Ballester Castañer, Ángel Soria Lozano

TÍTULO: Estudio del comportamiento de un ciclo de gas utilizando mezclas de hidrógeno y gas natural como combustible.

AUTOR: Andrés Acín Lanza

TITULACIÓN: Máster Universitario en Materiales Nanoestructurados para Aplicaciones Nanotecnológicas, Fac. de Ciencias, Zaragoza

DIRECTORES: José Ángel Pardo Gracia, Javier Blasco Carral

TÍTULO: Exploring the multiferroic properties of the layered perovskite  $\text{NdBaMn}_2\text{O}_6$

AUTOR: Cristina Raga Barciela

TITULACIÓN: Máster Universitario en Ingeniería Industrial, EINA, Zaragoza

DIRECTORES: Luis Valiño García, Radu Mustata Oroviceanu

TÍTULO: Implementación de métodos estocásticos en combustión industrial. Aplicación a ANSYS Fluent.

## 2.9 TESIS DOCTORALES DEFENDIDAS

---

- DOCTORANDO: Víctor Javier Llorente Lázaro  
DIRECTOR: Antonio Pascau Benito  
TÍTULO: An Accurate and Robust Numerical Scheme for Transport Equation.
- DOCTORANDO: Ana Belén Núñez Chico  
DIRECTORES: Luis Alberto Angurel Lambán, Elena Martínez Fernández  
TÍTULO: Comportamiento electromagnético y térmico de superconductores REBCO en aplicaciones de potencia. Optimización de bobinas y uniones.
- DOCTORANDO: Ennio Giovanni Luciano  
DIRECTOR: Javier Ballester Castañer  
TÍTULO: Flame Transfer Function: Description, interpretation and use for prediction and control of thermoacoustic instabilities in premixed methane and biogas flames.
- DOCTORANDO: Burgos Geovanny Gordillo Guambaña  
DIRECTORES: Pilar García Navarro, Mario Morales Hernández  
TÍTULO: Simulación del transporte y control de solutos activos en flujos de superficie libre.

## 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: 17 de Noviembre de 2020

CONFERENCIA: El Virus, el Agua y el Aire  
PONENTE: Javier Ballester  
EVENTO: La Noche Europea de los Investigadores  
ORGANIZA: Universidad de Zaragoza  
FECHA: 27 de Noviembre de 2020

## 2.11 DIVULGACIÓN

---

ACTIVIDAD: “Una ingeniera en cada cole” Quinta Edición. Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas de Aragón (AMIT-Aragón)  
DESARROLLO: Talleres y actividades con estudiantes en sus Centros Escolares.  
PARTICIPANTES: Lola Mariscal, María Herrando y más de 100 mujeres que trabajan en el ámbito de la ingeniería.  
OBJETIVO: Acercar a los Colegios de Primaria las profesiones técnicas y científicas de modo práctico y participativo.

LUGAR: Tercer Milenio Heraldo de Aragón. Periódico Heraldo de Aragón.  
PUBLICACIÓN: Aulas más seguras ante la Covid: cómo ajustar la ventilación, en seis pasos.  
<https://www.heraldo.es/noticias/sociedad/2020/10/27/aulas-mas-seguras-ante-covid-como-ajustar-la-ventilacion-en-seis-pasos-1402057.html>

PARTICIPANTES: Javier Ballester y José Luis Jiménez  
FECHA: 27 de octubre, 2020

LUGAR: Tercer Milenio Heraldo de Aragón. Periódico Heraldo de Aragón.  
PUBLICACIÓN: Prevención de la Covid-19 en las aulas.  
<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2020/11/19/javier-ballester-el-cierzo-es-el-mejor-aliado-contr-el-coronavirus-guia-ventilacion-aulas-1405928.html>

PARTICIPANTES: Javier Ballester y José Luis Jiménez  
FECHA: 19 de noviembre, 2020

LUGAR: Tercer Milenio Heraldo de Aragón. Periódico Heraldo de Aragón.  
PUBLICACIÓN: Así se ve la transmisión de la covid en un aula virtual.  
<https://www.heraldo.es/noticias/aragon/2020/11/25/asi-se-ve-la-transmision-de-la-covid-en-un-aula-virtual-simulacion-probabilidad-contagio-1406953.html>

PARTICIPANTES: Ana Cubero, Norberto Fueyo, Guillermo Güemes  
FECHA: 25 de noviembre, 2020



- LUGAR: Documento público sobre Ventilación de aulas y probabilidad de transmisión de COVID.
- PUBLICACIÓN: Simulación numérica de la probabilidad de contagio de COVID-19 en espacios cerrados, <https://tinyurl.com/cfd-covid19>
- PARTICIPANTES: Ana Cubero, Norberto Fueyo, Guillermo Güemes
- FECHA: 11 de noviembre, 2020
- AUTORA: María Herrando Zapater
- LIBRO: "10001 amigas ingenieras. Descubre a 17 ingenieras y diviértete con sus experimentos", Capítulo, María y la luz solar.
- PUBLICACIÓN: Prensas Universitarias de la Universidad de Zaragoza. 2020.  
ISBN:978-84-1340-234-5.  
[http://roble.unizar.es/record=b2048935~S1\\*spj](http://roble.unizar.es/record=b2048935~S1*spj)
- AUTORA: María Dolores Mariscal Masot
- LIBRO: "10001 amigas ingenieras. Descubre a 17 ingenieras y diviértete con sus experimentos", Capítulo, Lola, la aventura del laboratorio.
- PUBLICACIÓN: Prensas Universitarias de la Universidad de Zaragoza. 2020.  
ISBN:978-84-1340-234-5.  
[http://roble.unizar.es/record=b2048935~S1\\*spj](http://roble.unizar.es/record=b2048935~S1*spj)

## 2.12 RECONOCIMIENTOS Y PREMIOS

---

- PREMIO: Tercer Premio en el concurso Elevator Pitch de proyectos con empresas del VI Encuentro Triple Hélice UNIZAR  
<https://www.youtube.com/watch?v=i8zsMROnuT0>
- DIRECTOR: Luis Alberto Angurel Lambán
- PARTICIPANTES: Universidad de Zaragoza-CSIC, ACERINOX Europa., Universidad de Cádiz
- TÍTULO: Desarrollo de nuevos tratamientos láser para superficies en acero inoxidable con nuevas funcionalidades.
- FECHA: 22 de octubre, 2020

---

## 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, entre otras. 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 mejorar 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) Magnetismo molecular

La anisotropía magnética (AM) es uno de los aspectos clave en los dispositivos espintrónicos, tanto para el almacenamiento de información de alta densidad como para la manipulación de corrientes polarizadas de espín. En consecuencia, es importante mejorar el control de la anisotropía magnética en sistemas físicos a escala nanoscópica. La manipulación de la AM se logra en nanomagnetismo mediante procesos intrínsecos o extrínsecos. Entre los intrínsecos se pueden citar la modificación de la anisotropía magnetocristalina mediante el diseño apropiado de moléculas o compuestos que incluyen elementos con alta anisotropía iónica, o cambiando la simetría del cristal alrededor de los átomos magnéticos para "forzar químicamente" que los momentos magnéticos prefieran una determinada dirección cristalina, mediante la combinación adecuada de la anisotropía del estado fundamental del ion magnético (normalmente un lantánido) y la simetría de la nube de carga que lo rodea.

En materiales magnéticos moleculares investigamos la competición entre la anisotropía monoiónica, la relajación de espín y el ordenamiento de largo alcance en sistemas de imanes de molécula única (single molecule magnets, SMM) monodimensionales basados en lantánidos, así como nuevos SMM

basados en Ln hasta  $T < 1K$ . Además, se buscamos redes moleculares 2D ordenadas a largo alcance, tales como fases de ftalocianina de Fe, monocapas de ruedas Cr10 y plantillas moleculares para modificar las propiedades magnéticas de centros nanomagnéticos activos.

### 3.1.7 Biomateriales

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

Se trabaja en el desarrollo de aplicaciones de NiTi en Medicina como stents, anclajes óseos o ferulajes.

La investigación se fundamenta en la caracterización termo-mecánica del material relacionado con la memoria de forma de un camino, de dos caminos y la superelasticidad y el modelizado de estos comportamientos mediante elementos finitos.

También se evalúan modificaciones superficiales y tratamientos térmicos que actúen de barrera para disminuir la lixiviación del níquel y aumentar la biocompatibilidad.

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

Este polietileno es el material de interposición más utilizado en las prótesis totales de cadera y rodilla.

La investigación se centra en largar la vida operativa del mismo para retrasar la implantación de prótesis de revisión. Para ello se debe disminuir el desgaste, manteniendo la estabilidad oxidativa y las propiedades mecánicas del material base.

La irradiación con rayos gamma y electrones junto con tratamientos térmicos o la incorporación de vitamina E mejora las prestaciones del polietileno. Recubrimientos con DLC mejoran también la fricción a la vez que disminuyen la adherencia y formación de películas bacterianas.

- iii) Reforzamiento de polietileno y PEEK con nanotubos de carbono y grafeno

El PEEK es una de las alternativa con mayor potencial para sustituir al polietileno en las prótesis articulares ya que presenta algunas de las carencias del polietileno como una mayor estabilidad química y una alta conformación. En ambos casos los materiales compuestos de estos dos polímeros con nanotubos de carbono o grafeno permiten mejorar algunas propiedades mecánicas, atrapar radicales producidos por la irradiación y contribuir a una disminución de la fricción. Pares de fricción de estos compuestos son la base para alcanzar prótesis articulares formados únicamente de material polimérico sin presencia de elementos metálicos.

### 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 en materiales de interés tecnológico, como materiales magnetocalóricos y sistemas binarios eutecticos.
- ii) **Refrigeración magnética:** Actualmente, se están estudiando compuestos  $\text{RCrO}_4$  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 de la fotoeficiencia y del coeficiente específico de absorción de suspensiones coloidales de nanopartículas de oro y magnéticas:** Se han estudiado entre otros sistemas nanooctaedros de magnetita (sin recubrimiento), nanoesferas y nanoprismas de oro (recubiertos con Citrato y GSH y PEG) mediante foto-calorimetría. Las medidas experimentales se complementan con cálculos teóricos mediante modelos analíticos y DDA.
- iv) **Hipertermia magnética:** En esta línea 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 CO<sub>2</sub> de 250 W, continuo y pulsado desde 0 a 2 kHz, láser de CO<sub>2</sub> de 50 W continuo, pulsado y sintonizable desde 9.1 a 10.9 μm, láser slab de CO<sub>2</sub> 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  $-50^{\circ}\text{C}$  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 dotada de una cámara térmica  $-100$  a  $500^{\circ}\text{C}$ . Con células de carga de 500 y 5000 N y software de control.
- Durómetros Rockwell y Brinell, microdurómetros Vickers y péndulo Charpy (300 J).
- Analizador térmico mecano-dinámico (DMTA) de la firma Rheometric Scientific en el rango de temperaturas  $-150$  a  $500^{\circ}\text{C}$ , para ensayos de anelasticidad, y termofluencia en diferentes modos: tracción, compresión y cizalla.
- Máquina universal de ensayos INSTRON con 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  $^{57}\text{Fe}$ , con fuente de  $^{57}\text{Co}$  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, H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>)
- Caracterización electroquímica (OCV, Curvas I-V, espectroscopia de impedancias, etc.)

### 3.3 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIACIÓN PÚBLICA

---

1. *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
  
2. *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. Díez, M.A. Torres  
DURACIÓN: 2018-2021
  
3. *Estudio del efecto Magnetocalórico y fototérmico de nuevos materiales.*  
FINANCIACIÓN: MINECO MAT2017-86019-R  
INVESTIGADOR PRAL: M. Castro, E. Palacios  
DURACIÓN: 2018-2021
  
4. *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
  
5. *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
  
6. *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, J.C. Borrell, C. Estepa  
DURACIÓN: 2018-2022
  
7. *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

- 8.** *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
- 9.** *Novel Architected Materials for solid oxide Electrolysers (NAME) . Subproyecto 2 dentro de: 3D PROCESSING OF ADVANCED SOLID STATE IONICS ENERGY DEVICES (3DPASSION).*  
FINANCIACIÓN: MINECO (PID2019-107106RB-C32)  
ENTIDADES PART.: IREC, INMA, CICE  
INVESTIGADOR INMA: M.A. Laguna-Bercero  
PARTICIPANTES: A. Larrea, R. Lahoz  
DURACIÓN: 2020-2023
- 10.** *Magnetic anisotropy tuning: domain walls, Anisotropy, and relaxation of ferromagnetic and molecular Spintronics.*  
FINANCIACIÓN: MINECO (MAT2017-83468-R)  
INVESTIGADOR PRAL: F. Bartolomé  
PARTICIPANTES: J. Rubín  
DURACIÓN: 2018-2020

### 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. *HARVESTGEN-Generación termoeléctrica de alta corriente y ultra baja tensión para recuperación de calor residual.*  
FINANCIACIÓN: Centro Stirling (2020-0716)  
INVESTIGADOR PRAL: A. Sotelo  
PARTICIPANTES: M. Madre, M.A. Torres  
DURACIÓN: 2020-2021
  
4. *Sustainable smart De-Icing by surface engineering of acoustic waves (SOUNDofICE).*  
FINANCIACIÓN: H2020-FETOPEN/EXCELLENT SCIENCE Challenging Current Thinking (EU 899352).  
INVESTIGADOR PRAL: X. de La Fuente, L.A. Angurel  
PARTICIPANTES: E. Martínez, M. Mora, H. Amaveda  
DURACIÓN: 2010-2024
  
5. *Development of new materials and laser processes.*  
FINANCIACIÓN: EOSWISS Engineering Sàrl.  
INVESTIGADOR PRAL: L.A. Angurel  
PARTICIPANTES: X. de La Fuente  
DURACIÓN: 2020-2021

### 3.5 PUBLICACIONES EN REVISTAS INTERNACIONALES

---

1. *Observation of unexpected uniaxial magnetic anisotropy in  $La_{2/3}Sr_{1/3}MnO_3$  films by a  $BaTiO_3$  overlayer in an artificial multiferroic bilayer.*  
J.E. Ordóñez, L. Marín, L.A. Rodríguez, P.A. Algarabel, J.A. Pardo, R. Guzmán, L. Morellón, C. Magén, E. Snoeck, M.E. Gómez, M.R. Ibarra  
Beilstein Journal of Nanotechnology. **11**, 651-661. (2020)
2. *Novel multilayer composite structured thermoelectric module with high output power.*  
X. Wang, H.C. Wang, W. Su, T. Wang, M.A. Madre, J. Zhai, T. Chen, A. Sotelo, C.L. Wang  
Journal of Materials Chemistry A, **8**, 3379-3389 (2020)
3. *Enhancement of electrical conductivity of  $Ca_{2.93}Sr_{0.07}Co_4O_9$  thick films via hot uniaxial pressing.*  
M. Mora, H. Amaveda, M.A. Torres, M.A. Madre, S. Marinel, A. Sotelo  
International Journal of Applied Ceramic Technology, **17**, 1322-1327 (2020)
4. *Effect of Rubidium Substitution on the Physical and Superconducting Properties of Textured High-Tc BSCCO Samples.*  
B. Ozcelik, I. Ergin, M.A. Madre, A. Sotelo  
Journal Superconductivity and Novel Magnetism, **33**, 1285-1292 (2020)
5. *Improvement of grain alignment in  $Bi_2Sr_2Co_{1.8}O_y$  thermoelectric through the electrically assisted laser floating zone.*  
N.M. Ferreira, M.A. Madre, M.A. Torres, A. Davarpanah, V. Amaral, F.M. Costa, A. Sotelo  
Materials Research Bulletin, **130**, 110933 (2020)
6. *Effect of annealing and potassium substitution on the thermoelectric and magnetic properties of directionally grown  $Bi_2Sr_2Co_2O_y$  ceramics.*  
G. Cetin, B. Ozcelik, M. Gursul, M.A. Torres, M.A. Madre, A. Sotelo  
Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio. **59**, 121-128 (2020)
7. *Fabrication of Sulphur doped  $BiTeSe$  composite to enhance thermoelectric performance.*  
M.S. Shalaby, H.M. Hashem, N.M. Yousif, H.A. Zayed, A. Sotelo, L.A. Wahab  
Journal Materials Science: Materials in Electronics. **31**, 10612-10627 (2020)
8. *Thermoelectric modules built using ceramic legs grown by laser floating zone.*  
N.M. Ferreira, D. Lopes, A.V. Kovalevsky, F.M. Costa, A. Sotelo, M.A. Madre, A. Rezanía  
Ceramics International, Journal, **46**, 24318-24325 (2020)
9. *A study on thermoelectric performance and magnetic properties of Ti-doped  $Bi_2Sr_2Co_{1.8}O_y$  ceramic materials.*  
B. Ozcelik, G. Cetin, M. Gursul, M.A. Madre, A. Sotelo

- Materials Chemistry and Physics. 256, 123701 (2020)
10. *Drastic modification of Low Temperature Thermoelectric Properties of Na-doped  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Co}_2\text{O}_y$  Ceramics Prepared via Laser Floating Zone Technique*  
G. Cetin, B. Ozcelik, M. Gursul, M.A. Madre, A. Sotelo, S. Adachi, Y. Takano  
Journal Materials Science: Materials in Electronics, **31**, 15558-15564 (2020)
  11. *Increase of electric performances in  $\text{Bi}_2\text{Sr}_{2-x}\text{Rb}_x\text{Co}_2\text{O}_{8+\delta}$  laser grown ceramics induced by annealing.*  
B. Ozcelik, G. Cetin, M. Gursul, C. Ozcelik, M.A. Torres, M.A. Madre, A. Sotelo  
Solid State Science, **108**, 106435 (2020)
  12. *Reduction of processing time in  $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$  ceramics through nanoprecursors produced by an easily scalable and environmentally friendly process.*  
H. Amaveda, M.A. Madre, M. Mora, M.A. Torres, A. Sotelo  
Nanomaterials **10**, 2533 (2020)
  13. *Tuning thermoelectric properties of  $\text{Ca}_{0.9}\text{Gd}_{0.1}\text{MnO}_3$  by laser processing.*  
N.M. Ferreira, A.R. Sarabando, M.C. Ferro, M.A. Madre, O.J. Dura, A. Sotelo  
Journal of Materials Science: Materials in Electronics, **31**, 18913-18922 (2020)
  14. *Effects of laser-induced periodic surface structures on the superconducting properties of Niobium.*  
A. Cubero, E. Martínez, L.A. Angurel, G.F. de La Fuente, R. Navarro, H. Legall, J. Krügel, J. Bonse  
Applied Surface Science, **508**, 145140 (2020)  
DOI: 10.1016/j.apsusc.2019.145140
  15. *Simulation of salt spray corrosion behaviour of micro-arc oxidation coating by laser induced Ag infiltration.*  
C. Liu, H. Li, H. Cai, L.A. Angurel, G.F. de La Fuente, B. Jiang  
Materials Research Express, **7**, 016434 (8pp), (2020)  
DOI: 10.1088/2053-1591/ab6ad2
  16. *Electromagnetic behaviour and thermal stability of a conduction-cooled, no-insulated 2G-HTS coil at intermediate temperatures.*  
A. Cubero, A.B. Núñez-Chico, R. Navarro, L.A. Angurel, E. Martínez  
Cryogenics, **108**, 103070 (9pp), (2020)  
DOI: 10.1016/j.cryogenics.2020.103070
  17. *Can UV-C laser pulsed irradiation be used for the removal of organic micropollutants from water? Case study with ibuprofen.*  
F. Rey-García, B.J. Sieira, C. Bao-Varela, J.R. Leis, L.A. Angurel, J.B. Quintana, R. Rodil, G.F. de La Fuente  
Science of The Total Environment, **742**, 140507, (2020)  
DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.140507



18. *High speed processing of NiFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> spinel using a Laser Furnace.*  
B. Özçelik, S. Özçelik, H. Amaveda, H. Santos, C.J. Borrell, R. Sáez-Puche, G.F. de La Fuente, L.A. Angurel  
Journal of Materiomics, **6**, 661-670, (2020)  
DOI: 10.1016/j.jmat.2020.05.003
  
19. *Surface superconductivity changes of Niobium sheets by femtosecond laser-induced periodic nanostructures*  
A. Cubero, E. Martínez, L.A. Angurel, G.F. de La Fuente, R. Navarro, H. Legall, J. Krüger, J. Bonse  
Nanomaterials, **10**, 2525 (2020)  
DOI: 10.3390/nano10122525
  
20. *Microengineered membranes for sustainable production of hydrophobic deep eutectic Solvent-Based Nanoemulsions by membrane emulsification for enhanced antimicrobial activity.*  
U.T. Syed, I. Leonardo, R. Lahoz, V. Sebastian, C. Brazinha  
ACS Sustainable Chemistry and Engineering. **8(44)**, 16526-16536 (2020)
  
21. *Study of the physicochemical surface alterations and incubation phenomena induced on iron targets by nanosecond pulsed laser ablation in liquids: Effect on productivity and characteristics of the synthesized nanoscale zero-valent iron (nZVI) particles*  
R. Lahoz, A. Naghilou, W. Kautek, O. Bomati-Miguel  
Journal of Industrial and Engineering Chemistry, **511**, 145438 (2020)
  
22. *Pursuit of optimal synthetic conditions for obtaining colloidal zero-valent iron nanoparticles by scanning pulsed laser ablation in liquids.*  
R. Lahoz, E. Natividad, Á. Mayoral, W. Kautek, O. Bomati-Miguel  
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B **81**, 340-351 (2020)
  
23. *Reversible operation performance of microtubular solid oxide cells with a nickelate-based oxygen electrode.*  
M. Moralez-Zapata, A. Larrea, M.A. Laguna-Bercero  
International Journal of Hydrogen Energy, **45**, 5535-5542 (2020)
  
24. *Interfacial stability and ionic conductivity enhanced by dopant segregation in eutectic ceramics: the role of Gd segregation in doped CeO<sub>2</sub>/CoO and CeO<sub>2</sub>/NiO interfaces.*  
A. Orera, F. Wang, E. Ferreira-Vila, S. Serrano-Zabaleta, A. Larrañaga, M.A. Laguna-Bercero, E.C. Dickey, F. Rivadulla, M.C. Muñoz, A. Larrea  
Journal of Materials Chemistry A, **8**, 2591-2601 (2020)
  
25. *Magnetic chains of Fe<sub>3</sub> clusters in the {Fe<sub>3</sub>YO<sub>2</sub>} butterfly molecular compound.*  
J. Rubín, L. Badía-Romano, F. Luis, V. Mereacre, D. Prodius, A. Arauzo, F. Bartolomé, J. Bartolomé  
Dalton Transactions Journal, **49**, 2979-2988 (2020)

26. *MgB<sub>2</sub> cables made of thin wires manufactured by IMD process.*  
P. Kováč, L. Kopera, M. Hain, E. Martínez, J. Kováč, T. Melisek, D. Berek, I. Husek  
Superconductor Science and Technology, **33**, 085004 (9pp) (2020)  
DOI: 10.1088/1361-6668/ab9520
27. *Incorporation of Nanostructured ReO<sub>3</sub> in silica matrix and their activity toward photodegradation of blue methylene.*  
C. Diaz, M.L. Valenzuela, O. Cifuentes-Vaca, M. Segovia, M.A. Laguna-Bercero  
Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials, **30**, 1726-1734 (2020)  
Doi:10.1007/s10904-019-01284-z
28. *Incorporation of NiO into SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and Na<sub>4.2</sub>Ca<sub>2.8</sub>(Si<sub>6</sub>O<sub>18</sub>) matrices: Medium effect on the optical properties and catalytic degradation of methylene blue.*  
C. Diaz, M.L. Valenzuela, O. Cifuentes-Vaca, M. Segovia, M.A. Laguna-Bercero  
Nanomaterials, **10**, 2470 (2020)  
Doi:10.3390/nano10122470
29. *Iridium nanostructured metal oxide, its inclusion in silica matrix and their activity toward photodegradation of methylene blue.*  
C. Diaz, M.L. Valenzuela, O. Cifuentes-Vaca, M. Segovia, M.A. Laguna-Bercero  
Materials Chemistry and Physics, **252**, 349-356 (2020)  
Doi: 10.1016/j.matchemphys.2020.123276
30. *Tuning amphiphilic properties of Ni/Carbon nanotubes functionalized catalysts and their effect as emulsion stabilizer for biomass-derived furfural upgrading.*  
C. Herrera, L. Barrientos, A. Rosenkranz, C. Sepulveda, J.L. García-Fierro, M.A. Laguna-Bercero, N. Escalona  
Fuel, **276**, 1511-1517 (2020)  
Doi: 10.1016/j.fuel.2020.118032
31. *CO<sub>2</sub> and steam electrolysis using a microtubular solid oxide cell.*  
H. Monzón, M.A. Laguna-Bercero  
Journal Physics: Energy, **2**, 014005 (2020)  
Doi: 10.1088/2515-7655/ab4250
32. *Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>-MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub> directionally solidified eutectics: Hardness dependence modeled through an array of screw dislocations.*  
B.M. Moshtaqioun, D. Gómez-García, J.I. Peña  
Journal of the European Ceramic Society, **40**, 4171-4176 (2020)  
Doi: 10.1016/j.jeurceramsoc.2020.05.015

### 3.6 PUBLICACIONES EN REVISTAS NACIONALES

---

1. *Hydrogen Technologies*.  
A. Chica, A. Fernández , J.R. Fernández , G. Grasa , M.A. Laguna-Bercero,  
M.J. Lázaro , I. Martínez , M.A. Peña, J.L. Pinilla , D. Sebastián, J.M. Serra ,  
M. Serra , I. Suelves , L. Valiño  
Bol. Grupo Español del Carbón, **58**, 30-37 (2020)

### 3.7 PRESENTACIONES EN CONGRESOS

---

1. *Control of superconducting properties of Nb flat sheets by surface laser induced micro and nanotextures.*  
A. Cubero, E. Martínez, G.F. de La Fuente, L.A. Angurel, R. Navarro, H. Legall, J. Krüger, J. Bonse  
2020 Applied Superconductivity Conference, Virtual conference, 24 Octubre-7 Noviembre, 2020  
Presentación: Póster
2. *Nuevas intercaras preparadas por mecanizado láser en celdas de combustible.*  
A. Larrea, R. Alicante, R. Lahoz, J. Silva, M.A. Laguna-Bercero  
LVII Congreso Nacional de la SECV. Castellón (España), 26-29 Octubre, 2020  
Presentación: Oral Invitada
3. *Liquid-assisted femtosecond laser ablation of hybrid oxide nanoparticles with applications in medical imaging diagnosis.*  
A. Naghilou, R. Lahoz, O. Bomati Miguel, M. Kitzler, A. Subotic, W. Kautek  
International High Power Laser Ablation Symposium. Santa Fe, NM (USA), 14-17 Mayo, 2020  
Presentación: Oral
4. *Production of temperature-responsive hydrophobic deep eutectic solvent based O/w nanoemulsions by membrane emulsification for enhanced antimicrobial activity.*  
U.T. Syed, I. Leonardo, R. Lahoz, F.B. Gaspar, R. Huertas, M.T.B. Crespo, M. Arruebo, J.G. Crespo, V. Sebastian, C. Brazinha  
12th International Congress on Membranes and Membrane Processes. Londres (UK), 12-17 Julio, 2020  
Presentación: Oral
5. *Development of fuel cell based autonomous energy systems towards their integration in portable appliances.*  
A. García-Girón, R. Alicante, A. Orera, R.I. Merino, J.I. Peña, A. Larrea, M. Laguna-Bercero, A. Escartín, F. Ester,  
Workshop of HITESEA (High and Intermediate Temperature Electrochemical Systems for Energy Applications), Instituto de Cerámica y Vidrio . Madrid, (España), 29-30 Junio, 2020  
Presentación: Póster
6. *Gd segregation in doped CeO<sub>2</sub>/CoO and CeO<sub>2</sub>/NiO interfaces of eutectic ceramics. Effect on the interfacial stability and ionic conductivity.*  
A. Orera, F. Wang, E. Ferreiro-Vila, S. Serrano-Zabaleta, A. Larrañaga, M. A. Laguna-Bercero, E.C. Dickey, F. Rivadulla, M.C. Muñoz, A. Larrea  
Workshop of HITESEA (High and Intermediate Temperature Electrochemical Systems for Energy Applications), Instituto de Cerámica y Vidrio . Madrid, (España), 29-30 Junio, 2020  
Presentación: Póster

7. *Reduction of cathode polarization through laser micropatterning for planar solid oxide fuel cells.*  
R. Alicante, J.A. Cebollero, M. Laguna-Bercero, R. Lahoz, J. Silva, R. Moreno, A. Larrea, H. Seo, M. Kishimoto, H. Iwai  
Workshop of HITESEA (High and Intermediate Temperature Electrochemical Systems for Energy Applications), Instituto de Cerámica y Vidrio . Madrid, (España), 29-30 Junio, 2020  
Presentación: Póster
8. *Neutron Diffraction of Lead Battery Electrodes – Feasibility Project.*  
A. Orera, J. Campo, V. Laliena, A. Larrea, F. de La Fuente, H. Fricke, F. Trinidad, D. Hussey  
Consortium for Battery Innovation Virtual Workshop. Londres, (UK), 19-20 Mayo, 2020  
Presentación: Oral
9. *Determination of oxygen chemical diffusion and surface exchange coefficients in mixed cerium and praseodymium oxides for SOC applications.*  
M.A. Morales Zapata, A. Larrea, M.A. Laguna-Bercero  
Workshop of HITESEA (High and Intermediate Temperature Electrochemical Systems for Energy Applications), Instituto de Cerámica y Vidrio . Madrid, (España), 29-30 Junio, 2020  
Presentación: Póster
10. *Generation of green fuels in microtubular SOFC through electrolysis and co-electrolysis processes.*  
A. Orera, M.A. Laguna-Bercero, A. Betato, J. Silva, M.A. Morales Zapata  
Workshop of HITESEA (High and Intermediate Temperature Electrochemical Systems for Energy Applications), Instituto de Cerámica y Vidrio . Madrid, (España), 29-30 Junio, 2020  
Presentación: Oral
11. *Desarrollo de un sistema autónomo de energía basado en pila de combustible de óxido sólido (SOFC) para su integración en electrodomésticos portátiles.*  
M.A. Laguna-Bercero, A. García-Girón, R. Alicante, A. Orera, R.I. Merino, J.I. Peña, F. Ester  
LVII Congreso Nacional de la SECV. Castellón (España), 26-29 Octubre, 2020  
Presentación: Oral
12. *Estudio del óxido de cerio dopado con praseodimio y gadolinio (CPGO) como Electrodo de Oxígeno en Pilas de Óxido Sólido (SOC).*  
M.A. Morales Zapata, A. Larrea, M.A. Laguna-Bercero  
LVII Congreso Nacional de la SECV. Castellón (España), 26-29 Octubre, 2020  
Presentación: Oral
13. *Inelastic Neutron Scattering Spectrum of a Cr10 Molecular Ring Compound with Unusual S = 9 Ground State.*  
J. Rubín, E. Bartolomé, T. Guidi, J. Bartolomé, A. Arauzo, F. Sedona, M. Rancan, M. Sambì, E. Garlatti, S. Carretta, F. Bartolomé

Magnetism and Magnetic Materials Conference, 2020 (MMM2020 Virtual Conference), Palm Beach, Florida, (EEUU), 2-6 Noviembre, 2020  
Presentación: Oral

### **3.8 CAPITULOS DE LIBROS**

---

Autores: M.A. Laguna Bercero y A. Orera  
Título: High Temperature Co-Electrolysis - A Route to Syngas  
Editor: Energy Storage and Conversion Materials, Ed. S. Skinner.  
RSC Inorganic Materials Series, vol 5 (2020) 42-99. Book Chapter  
ISBN: 978-1-78801-295-9; 978-78801-090-0; ISSN: 2472-3819; ISSN: 247-3827

### **3.9 PARTICIPACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE EVENTOS**

---

I HiTESEA Workshop and Winter School  
Entidades organizadoras: ICV  
Lugar: Madrid (Spain)  
Fecha: 29-30 enero 2020  
En Comité Organizador M.A. Laguna-Bercero

### 3.10 REVISOR REVISTAS CIENTÍFICAS

---

Doctor 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

Doctor 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

Doctor Luis Alberto Angurel

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

Doctor José Ángel Pardo

- \* Acta Materialia
- \* Journal of Materials Science
- \* Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

Doctor Javier Rubín Llera

- \* Journal of Physics and Chemistry of Solids



Doctor Andrés Sotelo Mieg

- \* Journal of Alloys and Compounds
- \* Journal of Materials Science: Materials in Electronics (Materials)

Doctora Elena Martínez

- \* Superconductor Science and Technology
- \* Journal of Alloys and Compounds
- \* Cryogenics
- \* Materials Chemistry and Physics
- \* Materials Research Express
- \* Physica C
- \* IEEE Transactions on Applied Superconductivity

Doctor Miguel A. Laguna

Coatings (Q2), Frontiers in Energy Research (Q2) y Heliyon (Q2).

### 3.11 PATENTES (ÚLTIMOS 5 AÑOS)

---

1. 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](http://www.gpnt.es)) en julio de 2018
  
2. TÍTULO: *Procedimiento de modificación superficial del vidrio mediante láser.*  
AUTORES: X.F. de La Fuente, C. Estepa, L.A. Angurel  
N. DE SOLICITUD NACIONAL: OEPM P202030176  
FECHA DE PRIORIDAD: 2 de marzo de 2020  
ENTIDAD TITULAR: CSIC, Universidad de Zaragoza,  
LICENCIA: Licenciada a la empresa Glasskin Tech



---

## 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<sub>x</sub>: quemadores de bajo NO<sub>x</sub> (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 O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO/NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, HC, NH<sub>3</sub>, HCN, H<sub>2</sub>O).
- ◆ 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<sub>x</sub>.
    - Combustión escalonada con Gas Natural.
    - Reducción emisiones de partículas.
    - Escorificación y ensuciamiento.
    - Combustión de fuel-oil: Quemadores de bajos NO<sub>x</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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. *"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
4. *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
5. *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
6. *Herramientas eficientes de alta precisión para la simulación y control de flujos medioambientales.*  
FINANCIACIÓN: MINECO (50%) FEDER (50%), PGC2018-094341-B-I00  
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro  
DURACIÓN: 2019-2021
7. *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



8. *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
9. *Diseño de conexiones hidráulicas para paneles solares híbridos de aire con impresión 3d. proyecto connecting ecoair (aei-010500-2020-89).*  
FINANCIACIÓN: Ministerio de Industria, Energía y Turismo  
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo  
PARTICIPANTES: J. Ballester, J. Blasco  
DURACIÓN: 2020-2021
10. *Análisis y optimización de los procesos de evaporación y combustión de combustibles líquidos residuales y no convencionales*  
FINANCIACIÓN: Ministerio de Ciencia e Investigación, Ref. PID2019-109747RB-I00 (Retos Investigación)  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: A. Muelas, M. Asrardel, A. Sobrino, P. Remacha, J. Barroso  
DURACIÓN: 2020-2023
11. *Flexibilidad y agilidad de ciclos combinados mediante herramientas avanzadas de simulación, instrumentación y optimización (FLAGSHIP)*  
FINANCIACIÓN: Ministerio de Ciencia e Investigación, Ref. RTC2019-007012-3 (Retos Investigación)  
ENTIDADES PARTICIP.: Iberdrola, UZ/LIFTEC  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: A. Soria, A. Sobrino, J. Melero  
DURACIÓN: 2020-2023
12. *Mecánica de Fluidos Computacional.*  
FINANCIACIÓN: Gobierno de Aragón T32\_20R  
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo  
PARTICIPANTES: F. Alcrudo, R. Aliod, J. Blasco, P. Brufau, C. Dopazo, P. García-Navarro, I. García-Palacín, G. Hauke, J. Martín, A. Pascau  
DURACIÓN: 2020-2022
13. *Modelado tridimensional in silico de la interacción entre células tumorales y células madre mesenquimales en una Matriz Extracelular de BioMicrogel*  
FINANCIACIÓN: Agencia Estatal de Investigación. PID2019-106099RB-C44  
INVESTIGADOR PRAL.: M. Doweidar, G. Hauke  
PARTICIPANTES: F. Alcrudo, J. Blasco  
DURACIÓN: 2020-2023

- 14.** *Sistema de gestión y monitorización remoto con funciones de operación inteligente y aplicación de la industria 4.0 en diseño de adsorbentes avanzados para innovación en la limpieza de biogás y aprovechamiento como combustible renovable.*

FINANCIACIÓN: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, AEI-010500-2020-231SMARTBIOGRES

INVESTIGADOR PRAL.: L. Valiño, J. Gurauskis

PARTICIPANTES: J. Martín, R. Mustata

DURACIÓN: 2020-2021

### 4.3 PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN CON FINANCIACIÓN INDUSTRIAL

---

1. *EGR Coolers Characterization.*  
FINANCIACIÓN: Valeo Térmico, S.A.  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: J. Barroso, P. Remacha, A. Pina  
DURACIÓN: 2020-2023
2. *Diseño fluidodinámico de washer-dryers.*  
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.  
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo  
PARTICIPANTES: A. Cubero, R. Chordá  
DURACIÓN: 2018-2020
3. *Licencia de explotación del know-how: software para OILFLOW2D.*  
FINANCIACIÓN: Hydronia L.L.C.  
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro  
DURACIÓN: 2014-2026
4. *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
5. *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
6. *Desarrollo de una aplicación para la visualización de datos/actuaciones /indicadores.*  
FINANCIACIÓN: Asociación Bajo Aragón-Matarraña (OMEZYMA)  
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo  
PARTICIPANTES: A. Cubero, R. Chordá  
DURACIÓN: 2019-2020
7. *Diseño fluidodinámico de venting cooktops.*  
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.  
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo  
PARTICIPANTES: A. Moneva  
DURACIÓN: 2019-2021
8. *Diseño, desarrollo y pruebas de piloto de estación de regulación y medida de posición de transporte autónoma energéticamente.*  
FINANCIACIÓN: REDEXIS GAS, S.A.

- INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo y J. Ballester  
DURACIÓN: Enero a Marzo. 2020
9. *Diseño de una lavadora-secadora con bomba de calor energéticamente eficiente*  
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España, S.A.  
INVESTIGADOR PRAL.: N. Fueyo  
DURACIÓN: 2020-2021
10. *Services for development of new software capabilities.*  
FINANCIACIÓN: Hydronia y Universidad de Zaragoza.  
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro  
PARTICIPANTES: J. Murillo, P. Brufau, M. Morales, J. Fernández-Pato, S. Martínez Aranda, I. Echeverribar  
DURACIÓN: 2020-2021
11. *"Simulación Hidrodinámica" dentro del Proyecto presentado por el Grupo Operativo "Uso eficiente de medios predictivos para el control de especies invasoras".*  
FINANCIACIÓN: Biocidas Biodegradables Zix S.L. (GGO-2017-C-1300)  
Comunidad de Regantes Campes (Caspe, Zaragoza)  
INVESTIGADOR PRAL.: C. González  
DURACIÓN: 2018-2020
12. *Suministro y puesta en marcha de sondas de medida en llama.*  
FINANCIACIÓN: ArcelorMittal  
ENTIDADES PARTICIP.: LIFTEC/CSIC  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: J. Barroso, A. Pina  
DURACIÓN: 2019-2020
13. *Confidencial.*  
FINANCIACIÓN: Naturgy  
ENTIDADES PARTICIP.: Universidad de Zaragoza /LIFTEC  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: A. Sobrino, A. Soria  
DURACIÓN: 2019-2020
14. *Caracterización del circuito de extracción integrado en encimeras venting cooktop.*  
FINANCIACIÓN: BSH Electrodomésticos España S.A.  
ENTIDADES PARTICIP.: Universidad de Zaragoza /LIFTEC  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: P. Remacha, A. Pina, E. Tizné  
DURACIÓN: 2020-2021
15. *Estudio sobre medidas de prevención de transmisión aérea de Covid-19 en colegios y transporte público en la ciudad de Zaragoza.*  
FINANCIACIÓN: Convenio firmado con Ayuntamiento de Zaragoza.

- ENTIDADES PARTICIP.: Universidad de Zaragoza /LIFTEC  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: A. Muelas, A. Pina, P. Remacha, E. Tizné  
DURACIÓN: 2020-2021
- 16.** *Ensayo y desarrollo de equipos de cocción industrial de alto rendimiento.*  
FINANCIACIÓN: REPAGAS S.A.I  
ENTIDADES PARTICIP.: LIFTEC/CSIC  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
PARTICIPANTES: J. Barroso  
DURACIÓN: 2018-2020
- 17.** *Formulación de un modelo de simulación y control de calidad de agua en ríos.*  
FINANCIACIÓN: Varias empresal  
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro  
DURACIÓN: 2018-2020
- 18.** *Formulación de un modelo acoplado 1D/2D para simulación de flujo en ríos.*  
FINANCIACIÓN: Varias empresas  
INVESTIGADOR PRAL.: P. García-Navarro  
DURACIÓN: 2018-2020
- 19.** *Estudios experimentales de combustión y fluidos.*  
FINANCIACIÓN: Varias empresas  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
DURACIÓN: 2019-2021
- 20.** *Monitorizado de plantas de combustión y fluidos.*  
FINANCIACIÓN: Varias empresas  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
DURACIÓN: 2019-2021
- 21.** *Estudio de sistemas de combustión.*  
FINANCIACIÓN: Proyecto Redemis Licitación 0000784442. Iberdrola  
Generación Nuclear, S.A.U.  
INVESTIGADOR PRAL.: J. Ballester  
DURACIÓN: 2019-2021
- 22.** *Medidas de granulometría de diversas muestras mediante difracción láser.*  
FINANCIACIÓN: Medichen S.A.  
INVESTIGADOR PRAL.: S. Jiménez  
PARTICIPANTES: P. Remacha  
DURACIÓN: 2020
- 23.** *Licencia de uso y soporte del programa informático GESTAR. FINANCIACIÓN: ADI-Compagnie d'amenagement agricole et de developpement industriel.*  
FINANCIACIÓN: Construcciones y depuraciones S.A., Victoria University.  
INVESTIGADOR PRAL.: R. Aliod  
DURACIÓN: 2018-2025

#### 4.4 PUBLICACIONES EN REVISTAS INTERNACIONALES

---

1. *A posteriori error estimation and adaptivity based on VMS for steady incompressible flows*  
D. Irisarri, G. Hauke  
Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, **373**, 1-22, 113508, (2020)
2. *Spectral-splitting hybrid PV-thermal (PVT) systems for combined heat and power provision to dairy farms*  
K. Wang, A.M. Pantaleo, M. Herrando, M. Faccia, L. Pesmazoglou, B.M. Franchetti, C.N. Markides  
Renewable Energy, **159**, 1047-1065, (2020)  
<https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.120>.
3. *The effect of particle polydispersion in a gasifier bed dynamics using Eulerian-Eulerian models*  
A. Cubero, A. Sánchez-Insa, N. Fueyo  
Fuel Processing Technology, **198**, 106216, (2020)  
<https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2019.106216>.
4. *A GPU-based 2D shallow water quality model.*  
G. Gordillo, M. Morales-Hernández, I. Echeverribar, J. Fernández-Pato, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 1182-1197, (2020)
5. *Analysis of the performance of different culvert boundary conditions in 2D shallow flow models.*  
J. Fernández-Pato, S. Martínez-Aranda, M. Morales-Hernández, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 1093-1121, (2020)
6. *A gradient-descent adjoint method for the reconstruction of boundary conditions in a river flow nitrification model.*  
G. Gordillo, M. Morales-Hernández, P. García-Navarro  
Environmental Science: Processes & Impacts, **22**, 381-397, (2020)
7. *Discontinuous Galerkin well-balanced schemes using augmented riemann solvers with application to the shallow water equations.*  
A. Navas-Montilla, P. Solán-Fustero, J. Murillo, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 1038-1058, (2020)
8. *Adaptation of flux-based solvers to 2d two-layer shallow flows with variable density including numerical treatment of the loss of hyperbolicity and drying/wetting fronts.*  
J. Murillo, S. Martínez-Aranda, A. Navas-Montilla, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 972-1014, (2020)

9. *A 1D shallow-flow model for two-layer flows based on force scheme with wet-dry treatment.*  
S. Martínez-Aranda, A. Ramos-Pérez, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 1015-1037, (2020)
10. *A robust two-dimensional model for highly sediment-laden unsteady flows of variable density over movable beds.*  
S. Martínez-Aranda, J. Murillo, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 1038-1160, (2020)
11. *Analysis of the performance of a hybrid CPU/GPU 1D2D coupled model for real flood cases.*  
I. Echeverribar, P. Brufau, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (5)**, 1198-1216, (2020)
12. *A 2D finite volume simulation tool to enable the assessment of combined hydrological and morphodynamical processes in mountain catchments.*  
J. Fernández-Pato, S. Martínez-Aranda, P. García-Navarro  
Advances in Water Resources, **141**, 103617, (2020)
13. *Performance assessment of 2d zero-inertia and shallow water models for simulating rainfall-runoff processes.*  
D. Caviedes-Voullième, J. Fernández-Pato, C. Hinz  
Journal of Hydrology, **584**, 124663, (2020)
14. *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.M. García, J. Murillo, V. Caleffi  
Journal of Biomechanics, **100**, 109595, (2020)
15. *Numerical ability of hyperbolic flux solvers to compute 2d shear layers in turbulent shallow flows.*  
A. Navas-Montilla, C. Juez  
Advances in Water Resources, **135**, 103482, (2020)
16. *Finite volume model for the simulation of 1D unsteady river flow and water quality based on the WASP.*  
G. Gordillo, M. Morales-Hernández, P. García-Navarro  
Journal of Hydroinformatics, **22 (2)**, 327-345 (2020)
17. *Pyrolysis and combustion characteristics of bio-oils from catalytic co-pyrolysis of grape seeds, polystyrene and waste ti.*  
A. Muelas, D. Aranda, M. Callén, R. Murillo, A. Veses, M. Asrardel, J. Ballester  
Energy and Fuels, **34**, 14190-203, (2020)
18. *Pyrolysis effects during high-temperature vaporization of alkane droplets.*  
A. Muelas, J. Carpio, J. Ballester, A.L. Sánchez, F.A. Williams

- Combustion and Flame, **217**, 38-47, (2020)
19. *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  
Experimental Thermal and Fluid Science, **114**, 110076, (2020)
  20. *Corrosion behavior of tantalum coatings on AISI 316L stainless steel substrate for bipolar plates of PEM fuel cells.*  
Á. Pérez Manso, F. Fernández Marzo, X. Garicano, C. Alegre, A. Lozano, F. Barreras  
International Journal of Hydrogen Energy, **45**, 20679-2691, (2020)  
ISSN: 03603199 - DOI 10.1016/j.ijhydene.2019.12.157
  21. *Evaluation of the corrosion resistance of Ni(P)Cr coatings for bipolar plates by electrochemical impedance spectroscopy.*  
F.F. Marzo, M. Alberro, A.P. Manso, X. Garikano, C. Alegre, M. Montiel, A. Lozano, F. Barreras  
International Journal of Hydrogen Energy, **45**, 20632-20646, (2020)  
ISSN: 03603199 - DOI 10.1016/j.ijhydene. 2020.03.076
  22. *Two-color, two-dimensional pyrometers based on monochrome and color cameras for high-temperature (> 1000 K) planar measurements.*  
S. Jiménez  
Review of Scientific Instruments, **91**, 114901, (2020)  
<https://doi.org/10.1063/5.0021784>
  23. *Similarities and differences of two exponential schemes for convection-diffusion problems: The FV-CF and ENATE schemes.*  
V.J. Llorente, J.H.M. Ten Thije Boonkkamp, A. Pascau, M. Anthonissen  
Applied Mathematics and Computation, **365**, 124700, (2020)  
DOI:10.1016/j.amc.2019.124700
  24. *Compact integration rules as a quadrature method with some applications.*  
V.J. Llorente, A. Pascau  
Computers & Mathematics with Applications, **79**, 1241-1265, (2020)  
<https://doi.org/10.1016/j.camwa.2019.08.038>
  25. *Optimal energy management in a standalone microgrid, with photovoltaic generation, short-term storage, and hydrogen production.*  
A. Cecilia, J. Carroquino, V. Roda, R. Costa-Castelló, F. Barreras  
Energies, **13**, 1996-1073, (2020)
  26. *Analysis of a Pseudo-active Approach for the Control of Thermoacoustic Instabilities.*  
E. Luciano, J. Oliva, A. Sobrino, J. Ballester  
Combustion Science and Technology, **28**, 0010-2202 (2020)  
<https://doi.org/10.1080/00102202.2020.1802588>



- 27.** *The challenges of solar hybrid PVT systems in the food processing industry.*  
M. Herrando, R. Simón, I. Guedea, N. Fueyo  
Applied Thermal Engineering, **15**, 1359-4311 (2020)  
<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2020.116235>
- 28.** *Experimental dataset and numerical simulation of floating bodies transport in open-channel flow.*  
E. Persi, G. Petaccia, S. Sibilla, P. Brufau, J.I. García-Palacín  
Journal of Hydroinformatics, **22**, 1161-1181 (2020)  
<https://doi.org/10.2166/hydro.2020.029>

#### 4.5 PUBLICACIONES EN REVISTAS NACIONALES

---

1. *Diseño óptimo de redes de riego a turnos y caracterización de su flexibilidad / Optimal design of irrigation network shifts and characterization of their flexibility*  
P. Lapo, C. Pérez-García, R. Aliod-Sebastián, F. Martínez-Solano,  
Tecnología y Ciencias del Agua, 11(1), 266-314 (2020)  
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2020-01-07>

## 4.6 PRESENTACIONES EN CONGRESOS

---

1. *Solar Assisted Heat Pump Systems Based on Hybrid PVT Collectors for the Provision of Hot Water, Cooling and Electricity in Buildings*  
M. Herrando, A. Coca-Ortegón, I. Guedea, N. Fueyo  
13th International Conference of Solar Energy for Buildings and Industry (EuroSun 2020), 1-3 Sept, 2020. Virtual Conference  
Presentación: Oral
2. *On the necessity of energy balanced non-hydrostatic pressure models for free surface flows over complex topography*  
I. Echeverribar, P. Brufau, P. García-Navarro  
European geosciences Union (EGU2020). Viena. 4-8 mayo, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Póster
3. *A well-balanced non-hydrostatic pressure model for steady and unsteady shallow flows*  
I. Echeverribar, P. Brufau, P. García-Navarro  
IAHR Young Professionals Networks. 1ST IAHR YPN. 17-18 noviembre, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Póster
4. *A well-balanced DG scheme for the resolution of the shallow water equations*  
P. Solan, A. Navas, P. García-Navarro  
IAHR Young Professionals Networks. 1ST IAHR YPN. 17-18 noviembre, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Póster
5. *A 1D-2D hydrodynamic model for sewer-overland coupled flow using GPU technology*  
J. Fernández-Pato, R. García, P. García-Navarro  
10th Conference on Fluvial Hydraulics – RiverFlow. 6-10 Julio, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Oral
6. *Simulation of hydrological and morphodynamical processes in a mountain catchment of the Central Pyrenees*  
P. Solan, A. Navas, J. Fernández-Pato, S. Martínez-Aranda, N. Lana-Renault, P. García-Navarro  
IAHR Young Professionals Networks. 1ST IAHR YPN. 17-18 noviembre, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Póster
7. *Numerical study of resonant shallow flows past a lateral cavity: benchmarking the model with a new experimental data set*  
A. Navas-Montilla, S. Martínez-Aranda, A. Lozano, P. García-Navarro  
European geosciences Union (EGU2020). Viena. 4-8 mayo, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Póster

8. *Simulation of resonant gravity waves in shallow water flows using a depth-averaged URANS model*  
A. Navas-Montilla, C. Juez, M.J. Franca, J. Murillo  
10th Conference on Fluvial Hydraulics – RiverFlow. 6-10 Julio, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Oral
9. *Simulation of a centrifugal fan with the MRF method and the VMS turbulence model*  
G. Hauke, D. Irisarri, E. Escobedo  
Multiscale Methods for Fluid Dynamics WCCM 2020, Paris (Francia), 19-24 Julio, 2020.  
Presentación: Ponencia MS
10. *Deficiencias en la justificación de embalses en la cuenca del Ebro: Barrón, Almudévar, Biscarrués y Yesa.*  
C. González-Cebollada  
XI Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua, 3-9 septiembre 2020. Versión Virtual  
Presentación: Oral
11. *Hydrogen as energy storage in a facility with seasonal demand and powered by standalone renewable generation: a case study.*  
J. Carroquino, F. Barreras, A. Lozano, L. Valiño  
Hydrogen Power Theoretical & Engineering Solutions International Symposium, HYPOTHESIS XV, 3-5 junio, 2020. Versión Virtual  
Presentación: Póster

## **4.7 PARTICIPACIÓN Y ORGANIZACIÓN DE EVENTOS**

---

### **WORKSHOPS**

Participación en la XII Jornada de los Grupos de Investigación que colaboran con BSH Electrodomésticos España (Sección Cocinas de Gas). Ponencia con título "Numerical simulation of a whole gas hob/Hydrogen burners". A. Cubero, N. Fueyo (GFN, Grupo de Fluidodinámica Numérica). Santander, 12 Febr. 2020.

Participación en la XIV Jornada de los Grupos de Investigación que colaboran con BSH Electrodomésticos España (Sección Cocinas de Inducción). Ponencia con título "Simulación fluidodinámica de encimeras Venting". N. Fueyo, A. Cubero, A. Moneva (GFN, Grupo de Fluidodinámica Numérica). Telemática, 7 Sept. 2020.

## **4.8 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

## 4.9 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
  
3. TÍTULO: Gas burner for a gas hob.  
INVENTORES: C. Aguado, J. Ballester, S. Laguillo, S. Ochoa, A. Pina,  
C. Rueda, D. Serrano, E. Tizné  
N. DE SOLICITUD: 20151949.3-1008  
PAÍS DE PRIORIDAD: España  
FECHA DE PRIORIDAD: 30 enero 2019  
ENTIDAD TITULAR: BSH Hausgeräte GmbH



