



**POLITÉCNICA**  
"Ingeniamos el futuro"

CAMPUS  
DE EXCELENCIA  
INTERNACIONAL

Universidad Politécnica de Madrid  
**ETS de Ingeniería Aeronáutica  
y del Espacio**



# Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio

**Madrid, 16 enero 2024**

**“Descarbonización en la industria aeronáutica – estado de tecnologías en desarrollo”**

**Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades; 16 de enero de 2024.**

# Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeronáutica y del Espacio (ETSIAE)



Dentro de la UPM, la ETSIAE se encarga de la formación y la investigación en el ámbito aeronáutico y espacial, habiendo sido fundada en 1928.

# ETSI Aeronáutica y del Espacio

## Centro de referencia de la UPM para la Ingeniería Aeroespacial

### Títulos oficiales:

- Grado en Ingeniería Aeroespacial (GIA).
- Grado en Tecnologías Aeroespaciales (GITA).
- Grado en Gestión y Operaciones de Transporte Aéreo (GyOTA).
- Máster Universitario en Ingeniería Aeronáutica (MUIA).
- Programa Académico de Recorrido Sucesivo Ingeniero Aeronáutico (PARS-IA).
- Máster Universitario en Sistemas de Transporte Aéreo (MUSTA).
- Máster Universitario en Sistemas Espaciales (MUSE)
- Máster Universitario en Matemática Industrial (MUMI) .
- Programa de Doctorado en Ingeniería Aeroespacial.



### Títulos Propios de Máster:

- Máster en Ensayos en Vuelo.
- Máster en Materiales Compuestos.
- Máster en Sistemas Aéreos no Tripulados.
- Máster en Gestión de Sistemas Aeronáuticos.
- Máster en Interuniversitario de Gestión de Servicios de Navegación Aérea
- Máster en Hidrógeno y Pilas de Combustible.
- Máster en Simulación Numérica en Ingeniería con ANSYS.



**Las titulaciones de la ETSIAE tienen diferentes acreditaciones nacionales e internacionales**

## Departamentos

- Aeronaves y Vehículos Espaciales (DAVE).
  - Física Aplicada a las Ingenierías Aeroespacial y Naval (FAIAN).
  - Matemática Aplicada a la Ingeniería Aeroespacial (DMAIA).
  - Materiales y Producción Aeroespacial (DMPA).
  - Mecánica de Fluidos y Propulsión Aeroespacial (DMFPA).
  - Sistemas Aeroespaciales, Transporte Aéreo y Aeropuertos (SATAA).
- 
- Sección Departamental de Lingüística Aplicada a la Ciencia y la Tecnología (LACyT).
  - Sección Departamental de Ingeniería de Organización, Gestión de Empresas y Estadística (INGOR).

## Estructuras de I+D

- Instituto de Microgravedad Ignacio Da Riva
- E-USOC
- Grupos de Investigación.



El alcance de las actividades de I+D de la ETSIAE es amplio e incluye:

- Actividades teóricas.
- Actividades numéricas.
- Actividades experimentales.

**La UPM apuesta fuerte por la I+D y la Innovación.**

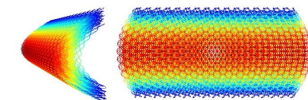
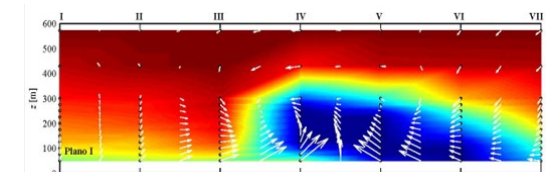
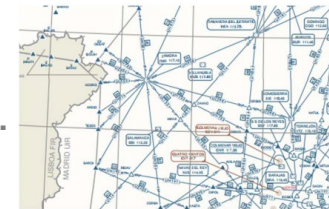
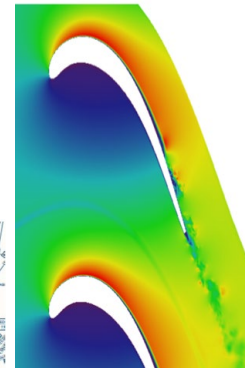
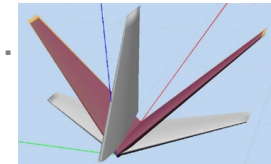
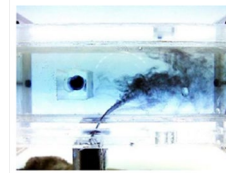
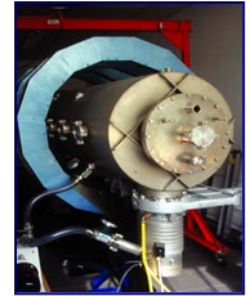
## Grupos de Investigación



- Grupo de Propiedades de materiales Poliméricos (GPMP).
- Ingeniería de sistemas y Microsistemas Termofluidodinámicos aplicados al Sector Aeroespacial.
- Grupo de Investigación en Fusión Inercial y Física de Plasmas
- Grupo de Investigación en Navegación Aérea (GINA).
- Mecano: Investigación didáctica en el Ingeniería Mecánica.
- Dinámica y Estabilidad no lineal en Ingeniería Aeroespacial.
- Diseño Conceptual de Aviones y Drones (DCAD).
- Análisis y experimentación en mecánica de fluidos y combustión.
- Ciencias y Operaciones espaciales.
- Dinámica Espacial (SDG-UPM).
- Métodos y Aplicaciones Numéricas a la Tecnología Aeroespacial.
- Desarrollo y Ensayos Aeroespaciales (DEA).
- Pilas de Combustible, Tecnología del Hidrógeno y Motores Alternativos.
- GAMOSINOS: Grupo Avanzado de MOdelado y SImulación NO-lineal de Sólidos.

## Áreas de Investigación

- Mecánica de fluidos.
- Transferencia de calor y flujos bifásicos.
- Combustión y turbulencia.
- Rendimiento de turbinas de gas y motores a reacción.
- Diseño de aviones.
- Aerodinámica.
- Propulsión de plasma espacial.
- Interacción láser-plasma.
- Modelado y optimización de sistemas de ingeniería.
- Baterías de iones de litio.
- Diseño de sistemas de naves espaciales.
- Materiales aeroespaciales.
- Sistemas de fabricación avanzados.
- Navegación aérea, ATC/ATM.
- Sistemas aeroportuarios.



# Laboratorio de Combustión y Mecánica de Fluidos

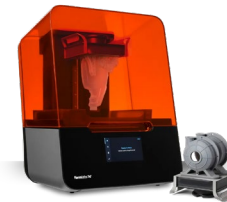
## Recursos:

### • Personal

- 1 Catedrático
- 2 Profesores Contratados Doctor
- 1 Profesor Ayudante
- 2 Investigadores postdoc
- 3 Estudiantes doctorado

### • Equipamiento

- Experimentos con combustión directa de hidrógeno.
- Medidas PIV y PLIF, cámaras rápidas, impresora 3D, Schlieren...
- Servidores de computación CPU-GPU.



## Contacto:

Daniel Martínez Ruiz:  
daniel.mruiz@upm.es

<https://blogs.upm.es/labcmf/>



# Laboratorio de Combustión y Mecánica de Fluidos

## Líneas de investigación:

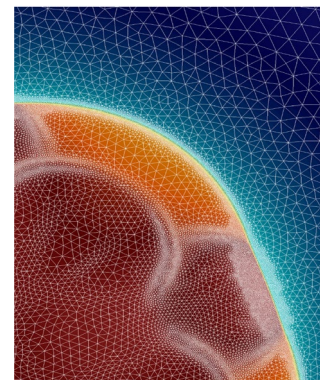
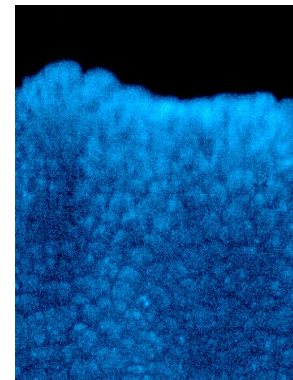
- **Combustión directa de hidrógeno**
  - Inestabilidades termoacústicas.
  - Seguridad frente a deflagraciones.
  - Seguridad frente a detonaciones.
- **Reformado autotérmico**
  - Generación de Hidrógeno a partir de metano o biogás.
- **Combustión Supersónica**
  - Motores de detonación oblicua sostenida (ODWE).

## Proyectos:

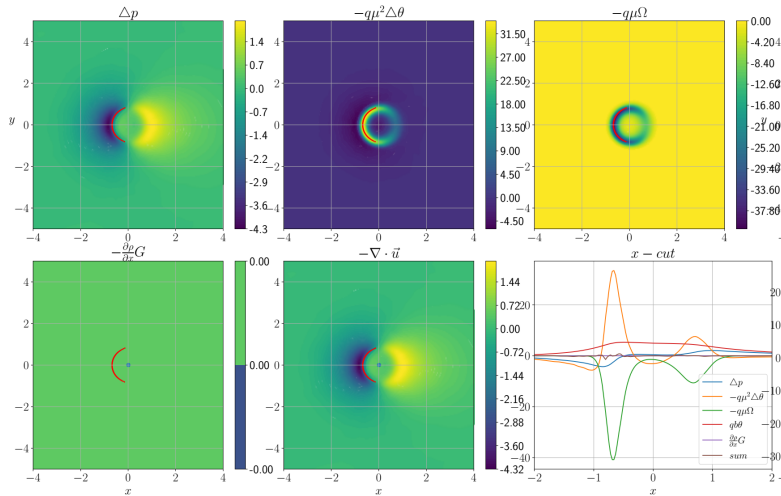
- **IDEAL: S2-CARE** (Plan Nacional)
- **GreenH2** (LIA 8. Combustión de Hidrógeno, Fondos PERTR)
- **GROWTHY** (Proyectos TED-2021)
- **CHAC** (Combustión Supersónica-CAM)

## Colaboraciones empresa:

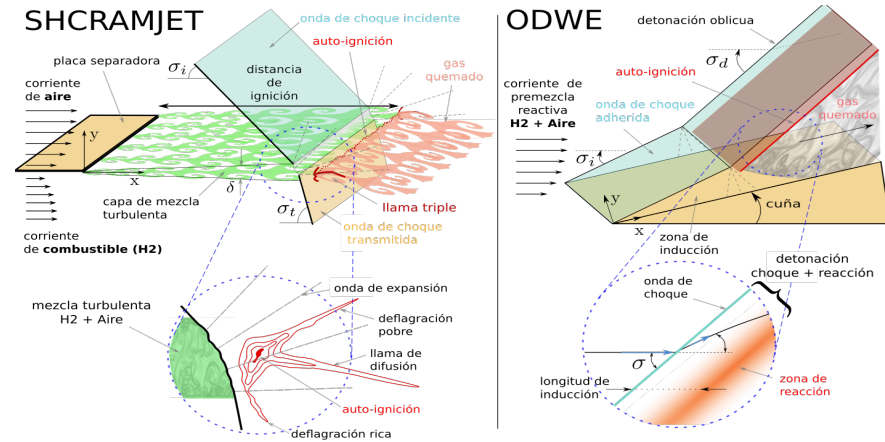
- **Airbus Defence and Space**



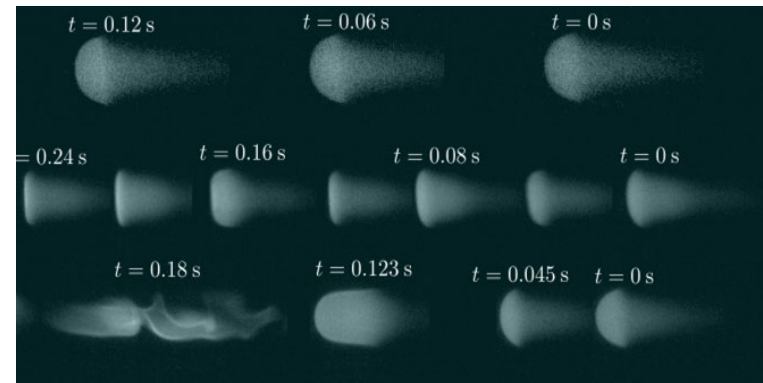
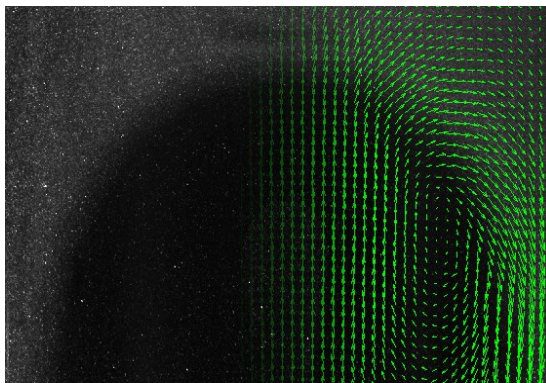
## Seguridad frente a deflagraciones



## Combustión supersónica



## Acoplamiento de frentes de reacción con perturbaciones acústicas



# Airplanes and RPAS Conceptual Design



## Resources:

### • Staff

- 1 Full Professor
- 1 Professor
- 1 Assistant
- 1 Lecturer
- 4 part time prof. from industry

### • Laboratories

- RPASLab equipped with models, electronics, 3D printers, etc.

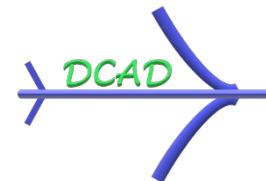
## Contact:

Cristina Cuerno Rejado:  
[cristina.cuerno@upm.es](mailto:cristina.cuerno@upm.es)

Alejandro Sánchez Carmona:  
[alejandro.sanchez@upm.es](mailto:alejandro.sanchez@upm.es)

[gi.dcad@upm.es](mailto:gi.dcad@upm.es)

# Airplanes and RPAS Conceptual Design



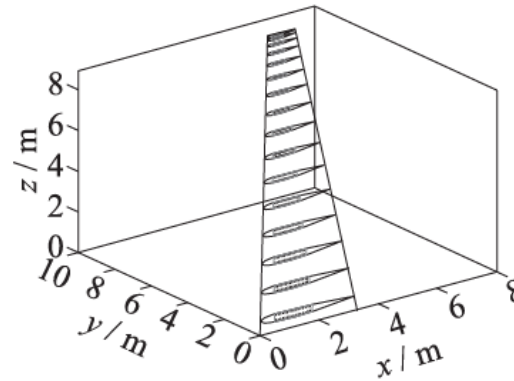
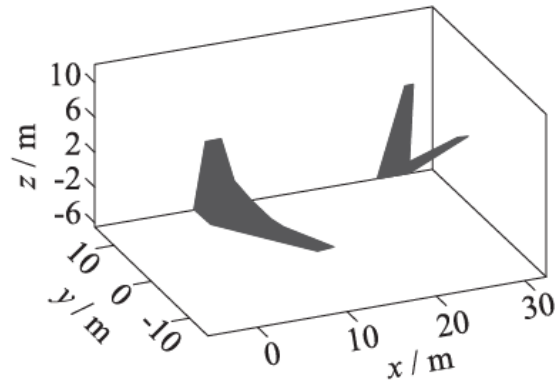
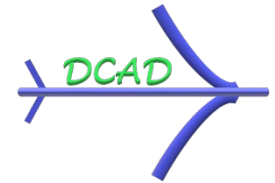
## Research lines:

- **Airplanes**
  - Non conventional configurations.
  - Efficiency analysis of different points in the PL-R diagram.
- **RPAS**
  - Design and manufacturing of VTOL UAS.
  - RPAS control by means of BCI .
  - Fault Tolerant Control for RPAS.
  - MDO tool for small RPAS.
  - Airworthiness certification of RPAS
  - BLDC brushless engines.

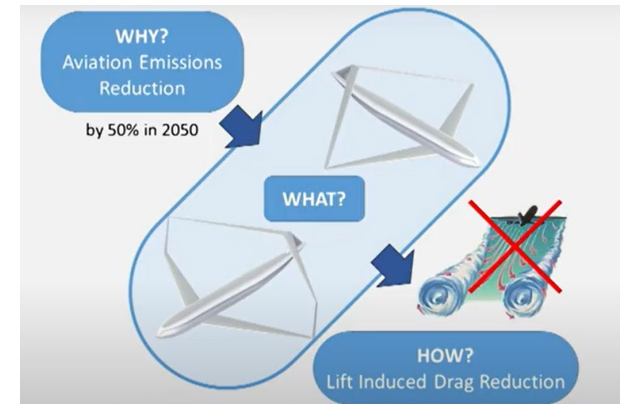
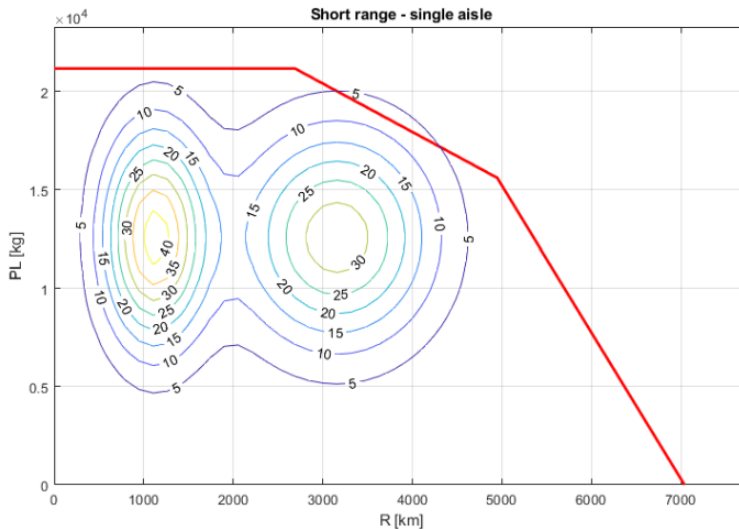
## Main collaborations:

- **National**
  - Boeing R&T Europe
  - INDRA
  - Fundación Tecnalia
  - SOTICOL Robotics Systems
  - DroneHopper
  - Proy. Plan Nacional
  - MTorres
  - GESNAER Consulting
  - Airbus Commercial
- **International**
  - Airbus Defense & Space
  - FRONTEx
  - DroneHopper

# Non conventional tail configurations for commercial airliners



# Non-planar wing configurations



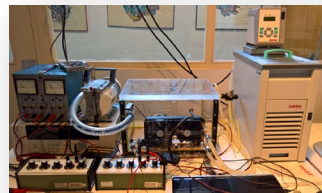
# Transport efficiency for airliners operations

# Pilas de Combustible, Tecnología del Hidrógeno y Motores Alternativos



## Recursos:

- **Personal**
  - 7 Investigadores
  - 3 Investigadores colaboradores
  - 3 Personal técnico
- **Laboratorios**
  - 4 laboratorios de Pilas de Combustible



- 2 laboratorios de Motores de Combustión Interna



## Contacto:

Emilio Navarro Arévalo:  
[emilio.navarro@upm.es](mailto:emilio.navarro@upm.es)



Teresa Leo Mena:  
[teresa.leo.mena@upm.es](mailto:teresa.leo.mena@upm.es)



<https://blogs.upm.es/picohima>

# Pilas de Combustible, Tecnología del Hidrógeno y Motores Alternativos



## Líneas de investigación:

### Pilas de combustible (hidrógeno, metanol directo, ...)

- Diseño y optimización de componentes y de “Balance of Plant”
- Diseño y optimización (peso, volumen, ...) de stacks de pilas de combustible para aplicaciones aeronáuticas, etc.
- Desarrollo de software de simulación
- Ensayo de pilas de combustibles en condiciones atmosféricas variables
- Estudio de implementación de plantas de pilas de combustible en aeronaves
- Nuevas técnicas de electrólisis

### Motores de combustión interna

- Hidrógeno, combustibles sostenibles
- Motores policombustible
- Ensayo de motores de combustión interna

## Alianzas y convenios:

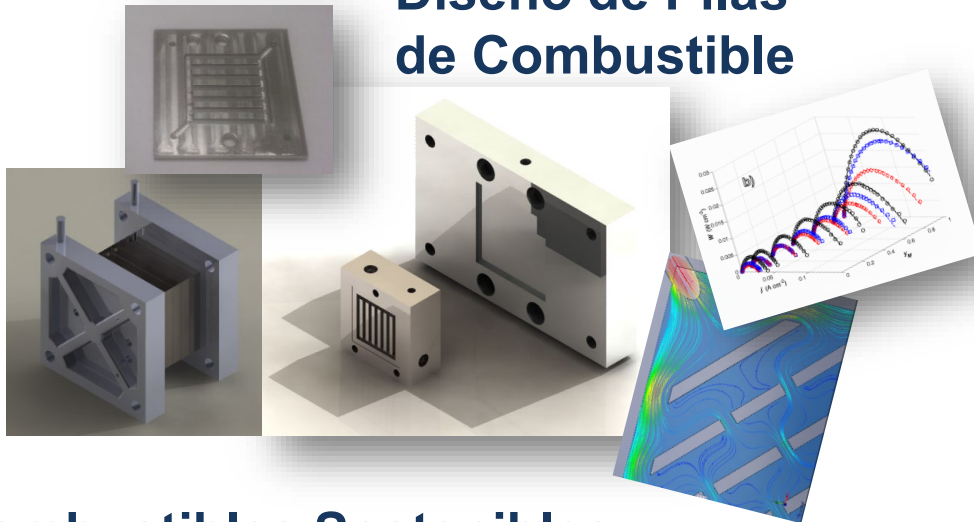


Université du Québec  
à Trois-Rivières

# Pilas de Combustible, Tecnología del Hidrógeno y Motores Alternativos



## Diseño de Pilas de Combustible



## Implementación de Pilas de Combustible

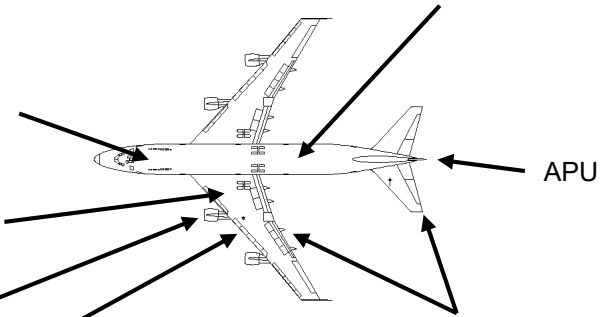
Energía eléctrica  
(Pilas de combustible)  
Sólo para alimentar equipos

Sistemas eléctricos en general

Sustitución o apoyo a baterías

RAT

Arranque motor principal

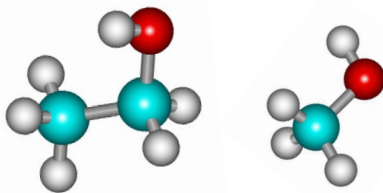


Sistema antihielo

Sistemas hidráulicos eléctricos descentralizados

APU

## Combustibles Sostenibles y Motores Policombustible



## Máster en Hidrógeno y Pilas de Combustible



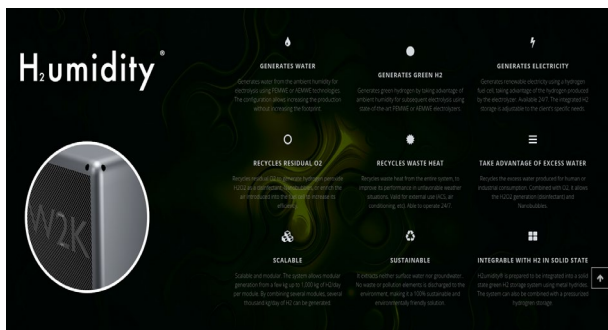


# Research Group on Renewable Energy and Electrochemical Storage Modelling

- María Higuera Torrón. [maria.higuera@upm.es](mailto:maria.higuera@upm.es)
- José Manuel Perales Perales. [jose.m.perales@upm.es](mailto:jose.m.perales@upm.es)
- José Joaquín Sánchez Álvarez. [jj.sanchez@upm.es](mailto:jj.sanchez@upm.es)
- Fernando Varas Mérida. [fernando.varas@upm.es](mailto:fernando.varas@upm.es)

## Related Research Lines

- I. Lithium-ion battery modelling and optimisation
- II. Green Hydrogen Production and fuel cells.
- III. Wind Energy resource assessment



Source: Water2kW

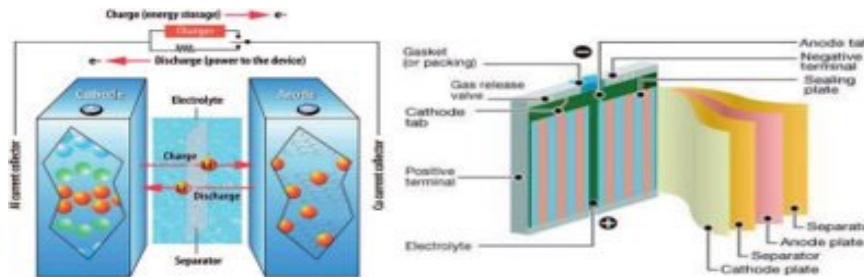


Source: Solute Ingenieros

# Research Group on Renewable Energy and Electrochemical Storage Modelling

## I. Lithium-ion battery modelling

- Numerical modelling of electrochemical systems
- Adaptive reduced order modelling of batteries
- Efficient parameters identification
- Fast and accurate optimisation of batteries performance



Collaboration with **CIDETEC Energy Storage**:

H2020 project DEFACTO: Battery design and manufacturing Optimization through multiphysics Modelling



# Research Group on Renewable Energy and Electrochemical Storage Modelling

## II. Green Hydrogen Production

- Development of virtual prototyping tools for electrolysers and fuel cells.
- Design of AI – assisted advanced control for electrolysis plant.

Collaboration with **Water2kW**:

Improvement of H2umidity system

<https://water2kw.com/h2umidity-eng/>



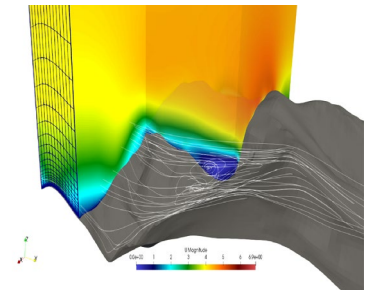
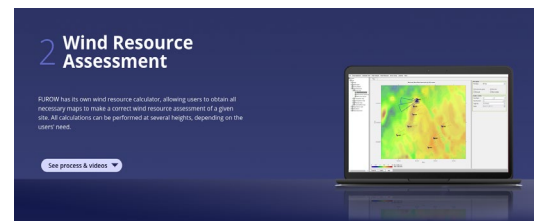
## III. Wind Energy

- Advanced CFD for wind resource assessment (Furow software).
- Meteorological prediction using high resolution numeric models /Weather forecast for renewable assessment.

Collaboration with **SOLUTE Ingenieros**:

**solute**

<https://www.solute.es/>



Source: Solute Ingenieros

# Air Transport Research Group

## Resources:

- **Staff**

- 1 Full Professor
- 2 Associate Professors
- 2 Assistant Professors
- 3 part time prof. from industry

- **Laboratories**

- Simulation tools and data banks: emissions models, noise, aircraft performance, airlines fleet planning, network management.

## Contact:

Gustavo Alonso Rodrigo:  
[gustavo.alonso@upm.es](mailto:gustavo.alonso@upm.es)

# Air Transport Research Group

## Research lines:

- **Air Transport Environmental Impact**
  - Emissions: simulation models and efficiency indicators; CO<sub>2</sub> and non-CO<sub>2</sub>
  - SAF: feasibility analysis, incentive schemes
  - Noise and Local Air Quality
- **Airline models**
  - Network development and management
  - Business models simulation
  - Fleet planning

## Main collaborations:

- **National**
  - Airbus
  - Iberia
  - AENA
  - AESA
- **International**
  - EU H2020
  - EU Joint Research Centre
  - Clean Aviation JU
  - EASA
  - EUROCONTROL
  - IATA

## Assessment on Alternative Aviation Fuels Development

(coordinator of this H2020 project, focused on the evaluation of means, technical and economical, to increase the utilization of SAF)



## Greener Air Traffic Operations

(H2020 led by DLR, aimed at developing new strategies for greener flight routings)



## MECETA: Spanish Model for the Calculation of Air Transport Emissions

(for the Spanish government, AESA)

## Environmentally Responsible Aviation

(model to evaluate the environmental costs for airlines, developed for Airbus)

## Air Navigation Research Group (GINA)



- 11 Professors and researchers in the aeronautical field, with large experience in airports, air navigation and air traffic management.
- GINA was created in 1992.
- >20 PhD in ATM domain



## Air Navigation Research Group (GINA)

# Aviation decarbonization related activities, expertise and capabilities



Environmentally Friendly Aviation for All Classes of Aircraft

Three Low TRL experimental demonstrations of technologies relevant to the greening of aviation:

- **WP1** – Gearbox combining a gas turbine (450HP) and electric propulsion (possible world first).
- **WP2** – Hydrogen fuel cell using *phase cooling* to increase efficiency, reduce heat losses and improve altitude capacity.
- **WP3** – Complete liquid hydrogen fuel system, including tank, fuel lines, vaporization, and combustion.

Two aspects of reduction of the environmental impact of aviation:

- **WP4** – Past records, current status, and future evolution towards targets of all types of emissions CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, sulphur, particles, aerosols, contrails.
- **WP5** – Evolution and limits on noise levels around regional airports and main hubs depending on traffic density, aircraft types, operational procedures, and psychoacoustic effects on residents.

Two emerging technologies covering a wide range of aircraft classes:

- **WP6** – Battery electric propulsion based on current lithium-ion technology and evolutions and prospects for future solid-state batteries (most relevant to smaller short-range aircraft) for small and short-range aircraft.
- **WP9** – Sustainable Aviation Fuels, considering many alternative production paths and the challenges of large-scale production at an affordable cost (only near-term viable option for large long-range aircraft).

Two aircraft designs that represent the largest airlines sectors and can benefit most from emerging green technologies :

- **WP7** – Propeller/ Fan-Driven 80-seat 1000 km-range regional airliner with hybrid turbo-electric propulsion using hydrogen fuel cells and liquid hydrogen-powered gas turbines.
- **WP8** – Jet-driven 150-seat 2000 km-range airliner with liquid hydrogen propulsion and nearly inaudible outside airport boundaries.

**WP10** – Roadmap for the greening of aviation relative to 2035 and 2050 objectives, taking into account:

- Emerging propulsion technologies (batteries, fuel cells, turbines) and sustainable fuels (synthetic aviation fuels and liquid hydrogen).
- Application to all classes of aircraft: urban air mobility/helicopters/convertibles, regional/business, medium, and long-range airliners.



# Air Navigation Research Group (GINA)

## Aviation decarbonization related activities, expertise and capabilities



Perspectives for Aeronautical Research in Europe

### What if studies



What if study 1: The Boeing MMA case



What if study 2: China's new airliners



What if Study 3: Climate Change Levy schemes in aviation decarbonisation

Este site foi desenvolvido com o construtor de sites WIX.com. Crie seu site hoje. [Comece já](#)

**PARE** Home About PARE **PARE Report** Dissemination Materials News & Events More follow us

*Perspectives for Aeronautical Research in Europe - 2020 Final Report*

- Executive Summary
- Introduction
- Chapter 1 - 58 Recommendations for Aeronautics Research in Horizon Europe
- Chapter 2 - Meeting Societal and Market Needs
- Chapter 3 - Maintaining and Extending Industrial Leadership
- Chapter 4 - Protecting the Environment and the Energy Supply
- Chapter 5 - Ensuring Safety and Security
- Chapter 6 - Prioritizing Research, Testing Capabilities and Education
- Chapter 7 - Aircraft Markets
- Chapter 8 - Emerging Aviation Technologies
- Chapter 9 - Cooperation Beyond Europe's Borders
- Chapter 10 - Attracting Young Talent to Aeronautics
- Chapter 11 - Increasing the Participation of Women in Aerospace
- Chapter 12 - Evolution of the Chinese Aircraft Industry
- Chapter 13 - The Boeing Middle of the Market (with Annexes)
- Chapter 14 - The Two Boeing 737 Max Accidents
- Chapter 15 - Regional and International Air Travel
- Chapter 16 - Effects of COVID-19 on aviation
- Chapter 17 - Efficient Propulsion for Low Noise and Emission
- Chapter 18 - Decarbonisation of Aviation by 2050
- Chapter 19 - Sustainable Fuels for the New Green Deal
- Chapter 20 - Dissemination Articles with Key Findings and Actions

Know more about PARE

Please enter your email here

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 769220. This publication (communication) reflects the views only of the author, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



## Air Navigation Research Group (GINA)

### Aviation decarbonization related activities, expertise and capabilities

#### Recent publications:

- How Much Can Carbon Taxes Contribute to Aviation Decarbonization by 2050. [Rosa Maria Arnaldo Valdés](#), [Victor Fernando Gomez Comendador](#), [Luis Manuel Braga Campos](#), Sustainability 2021, 13(3), 1086; <https://doi.org/10.3390/su13031086>
- A Holistic Approach to the Environmental Certification of Green Airports , [V́ctor Fernando Ǵmez Comendador](#), [Rosa Maŕa Arnaldo Valdés](#), [Bernard Lisker](#), Sustainability 2019, 11(15), 4043; <https://doi.org/10.3390/su11154043>
- Flight Path 2050 and ACARE Goals for Maintaining and Extending Industrial Leadership in Aviation: A Map of the Aviation Technology Space, [Rosa Maria Arnaldo Valdés](#), [Serhat Burmaoglu](#), [Vincenzo Tucci](#), [Luiz Manuel Braga da Costa Campos](#), [Lucia Mattera](#), [V́ctor Fernando Gomez Comendador](#). Sustainability 2019, 11(7), 2065; <https://doi.org/10.3390/su11072065>
- The role of Climate Change Levy schemes in aviation decarbonization by 2050. [Rosa M Arnaldo Valdés](#), [V Fernando Ǵmez Comendador](#). EASN 2020. 10th EASN International Conference on “Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens” 2 - 4 September 2020.
- Joint ISEAS&ISATECH&ICUAV 2020. The Ninth World Congress “aviation in the XXI-st Century”. Kyiv, Ukraine, September 22-24,2020. EASN 2020. 10th EASN International Conference on “Innovation in Aviation & Space to the Satisfaction of the European Citizens” 2 - 4 September 2020.