

# CONCURSOS DE ACCESO A LOS CUERPOS DOCENTES UNIVERSITARIOS

Luis Badesa Bernardo

## Primer ejercicio

**Centro:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial

**Cuerpo docente:** Profesor Permanente Laboral

**Área de Conocimiento:** Ingeniería Eléctrica

**Enero de 2024**

# Currículum vitae

Trayectoria académica y profesional

# Titulación universitaria



## Grado en Ingeniería de Tecnologías Industriales

**2010 - 2014**

Universidad de Zaragoza

TFG realizado en el Dpto. de Ing. Electrónica  
Beneficiario de una beca de **BSH Electrodomésticos**



“Sistema en FPGA para detección de posición de un recipiente sobre un fuego de inducción”

## Máster en Ingeniería Eléctrica y de Telecomunicaciones

**2014 - 2016**

University of Maine (EE. UU.)

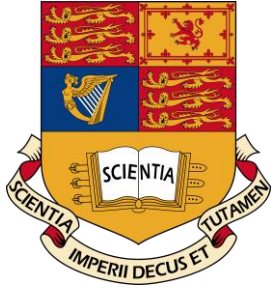
Beneficiario de una beca de la **Fundación Iberdrola**

TFM: “Impact of Wind Generation on Dynamic Voltage Characteristics of Power Systems”

**Mejor expediente** de la promoción



# Titulación universitaria



**Imperial College  
London**

## Doctorado en Ingeniería Eléctrica

**2016 - 2020**

Imperial College London (Reino Unido)

**Tesis:** Towards a Cost-Effective Operation of Low-Inertia Power Systems  
(Hacia una operación económicamente eficiente de sistemas eléctricos con baja inercia)

**5 artículos Q1**

- **3** de ellos como **primer autor**
  - **2** de ellos publicados en **IEEE Transactions on Power Systems**

Último capítulo de la tesis publicado a posteriori en **2** artículos **Q1**

- Artículo en 2 partes publicado en **IEEE Transactions on Power Systems**
- Premio al **mejor artículo de 2021** por Supergen Energy Networks

# Experiencia profesional

## Verano 2013

### ➤ Becario en prácticas de control automático

Piezas Y Rodajes S.A. (Monreal del Campo, Teruel)

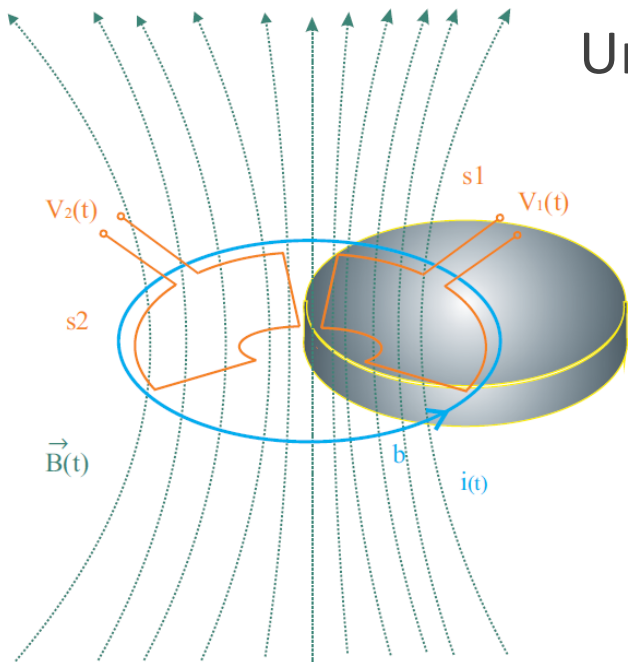
- Prácticas académicas en una fundición de acero aleado
- Encargado del manejo de autómatas programables

## Curso 13-14

### ➤ Becario TFG

Unizar y BSH Electrodomésticos

- Desarrollo de un sensor de posición para recipientes sobre cocinas de inducción
- Sistema en FPGA para medición de retardos en voltaje de cada uno de los sensores inductivos, debidos a la impedancia cambiante del sistema fuego-recipiente en función de la posición relativa del recipiente



# Experiencia profesional

**Cursos 14-15  
y 15-16**

## ➤ ***“Graduate Research Assistant”*** (investigador de posgrado)

University of Maine (EE. UU)

- Análisis de datos de unidades de Phasor-Measurement Units (PMUs) instaladas en la red de transmisión de Central Maine Power (grupo Iberdrola)
- Publicados **2 artículos en congresos** del IEEE

**Verano 2016**

## ➤ **Profesor de “Introducción a la robótica”**

Johns Hopkins University (EE. UU)

- Profesor en el campamento para niños con altas capacidades del Center for Talented Youth (CTY) organizado por la universidad Johns Hopkins

**Cursos 16-17  
a 18-19**

## ➤ **Investigador predoctoral**

Imperial College London (Reino Unido)

- Desarrollo de tesis doctoral, investigación en modelado matemático para operación económica de sistemas eléctricos

# Experiencia profesional

**2019 - 2020**

## ➤ **Consultor en economía de sistemas energéticos**

Arup (Londres, Reino Unido)

- Encargado de modelar, mediante técnicas de optimización matemática, estrategias de inversión y operación de sistemas eléctricos futuros, tanto del Reino Unido como de otros países

**2020 - 2022**

## ➤ **Investigador posdoctoral**

Imperial College London (Reino Unido)

- Investigador y redactor de propuestas para varios proyectos financiados por EPSRC en Reino Unido (por ejemplo, E4Future, E-Flex) y por la Comisión Europea (por ejemplo, GreenHyScale)

**Desde 2022**

## ➤ **Profesor Ayudante Doctor**

ETSIDI, Universidad Politécnica de Madrid

# Currículum vitae

Actividad docente universitaria



# Actividad docente universitaria

## Imperial College London

Curso	Asignatura	Horas de docencia	Total por curso
2017 - 2018	Informática (C++) (laboratorio)	81,5	124,5
	Matemáticas I (clases de problemas)	18	
	Ec. diferenciales (proyectos dirigidos)	25	
2018 - 2019	Informática (C++) (laboratorio)	48,5	53,5
	Ing. de control (laboratorio)	5	
2019 - 2020	Sistemas eléctricos de potencia (clases teóricas)	7,5	7,5
Total			185,5

## ETSIDI-UPM

Curso	Asignatura	Horas de docencia	Total por curso
2022 - 2023	Teoría de Circuitos I (laboratorio)	84	174
	Teoría de Circuitos I (Tª y problemas)	90	
2023 - 2024	Teoría de Circuitos I (Tª y problemas)	45	75 (1er cuatri- mestre)
	Teoría de Circuitos III (laboratorio)	24	
	Eficiencia Energética Eléctrica (e3+)	6	
Total			249

# Resultados de encuestas

## Teoría de Circuitos I

Grupos de Tª y Problemas

Curso **2022 - 2023**  
(2º cuatrimestre)

**Muestra significativa**  
(~45% de matriculados)

### Críticas constructivas:

- Dificultad de los parciales
- Recomendación de intercalar más problemas con la Tª
- Poco tiempo entre terminar un tema y examinarse de un parcial
- Alta carga de laboratorio para un simple Apto/No apto

### Grupo M206 (39 respuestas)



### Grupo M201 (23 respuestas)



### Grupo DM201 (16 respuestas)



# Dirección de trabajos de fin de titulación

## TFGs dirigidos en la **ETSID**

1. “Estudio de calidad de la red eléctrica y variaciones de frecuencia”
  - **Alumno:** Hugo Franco Sanz (Grado en Ing. Eléctrica)
  - **Directores:** Ricardo Granizo Arrabé y Luis Badesa Bernardo
  - **Fecha** de defensa: septiembre de 2023
2. “Despacho económico del sistema eléctrico mexicano en escenarios hacia la descarbonización”  
(TFG en curso)
  - **Alumno:** Rodrigo Ortega Medina (alumno de intercambio)
  - **Fecha** estimada de defensa: junio de 2024
3. “Despacho económico del sistema eléctrico peninsular en escenarios hacia la descarbonización”  
(TFG en curso)
  - **Alumno:** Javier Fraga Capellán (Grado en Ing. Electrónica Industrial y Automática)
  - **Fecha** estimada de defensa: junio de 2024

# Dirección de trabajos de fin de titulación

## TFGs/TFMs dirigidos en **Imperial College London**

1. “AC Optimal Power Flow for Networks with High Penetration of Renewable Energy”, Sigrid Hellan, 2018
2. “Optimal System Scheduling with Dynamic Stability Constraints”, Mengchu Zhao, 2018
3. “Frequency-Security Constraints for Multi-Area Power Systems”, Nikolas Yiapatis, 2018
4. “Data-driven techniques to obtain constraints for optimisation problems”, Keerthanen Ravichandran, 2019
5. “AC Optimal Power Flow Problem using Second-Order Cone Approximations of Mesh Distribution Networks”, Stacy Saruwatari, 2019
6. “Market mechanisms for Grid-Following and Grid-Forming Inverters in Low-Carbon Power Grids”, Jenny Zhou, 2021
  - Derivó en una **publicación Q1**
7. “Allocation of Electrical Load Disconnection in Highly Renewable Power Systems”, María José Parajeles Herrera, 2021
  - Derivó en una **publicación Q1**
8. “Short Circuit Level constrained Optimal Power Flow”, Jingfeng Lin, 2022

# Dirección de tesis doctorales

## En Imperial College London:

1. **Cormac O'Malley**, "Secure and cost-effective operation of low carbon power systems under multiple uncertainties". Defendida en **febrero de 2023**
  - **Directores:** Luis Badesa, Goran Strbac y Fei Teng
2. **Carlos Matamala**, "Market design for ancillary services in low-carbon electricity grids" (tesis **en curso**, defensa prevista para finales de 2024)
  - **Directores:** Luis Badesa y Goran Strbac
3. **Qian Chen**, "Data-driven methods for economic optimisation of power grid security" (tesis **en curso**, defensa prevista para mediados de 2025)
  - **Directores:** Luis Badesa y Goran Strbac

## En la UPM:

4. **Contrato FPI**, "Diseño de redes de distribución teniendo en cuenta criterios de calidad del servicio y minimización de costes" (**por comenzar** en febrero/marzo de 2024)
  - **Directores:** Araceli Hernández Bayo (ETSII) y Luis Badesa Bernardo (ETSIDI)

# Currículum vitae

Actividad investigadora

# Líneas de investigación y publicaciones

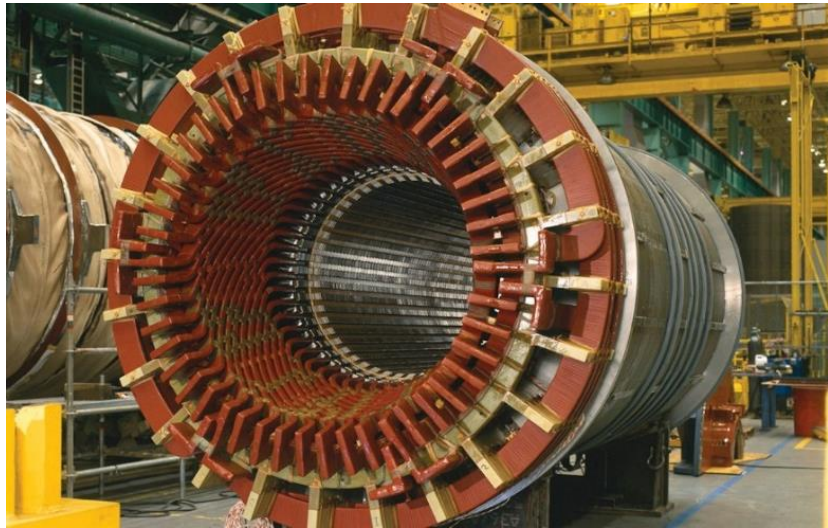
**Áreas de investigación:** ingeniería eléctrica e investigación operativa

1. Operación y análisis económico de sist. eléctricos de potencia con baja inercia
2. Diseño de mercado eléctrico para redes de bajas emisiones
3. Optimización convexa bajo incertidumbre en la generación renovable
4. Estabilidad de redes eléctricas basadas en electrónica de potencia

- 
- **14 artículos Q1**
    - De los cuales, **8** en revistas **IEEE Transactions** (5 de ellos como primer autor)
    - **8** de ellos como **primer autor**
  - **4 artículos más en fase de revisión**
    - Primer autor de uno de ellos

# Reducción en inercia debida a la reducción de emisiones

Generadores síncronos  
(nuclear, gas, carbón...):



Descarbonización



Renovables principales:  
**sin inercia**



**La inercia almacena energía cinética:**

Permitía tener cierto tiempo para reaccionar a una desviación súbita entre generación y demanda

¡El riesgo de **inestabilidad**  
ha aumentado!



# Impacto de la investigación

Google Académico



Luis Badesa

Assistant Professor, Technical University of Madrid (UPM)

Dirección de correo verificada de upm.es - Página principal

[Power Systems](#) [Optimization](#) [Electricity Markets](#) [Renewable Energy](#)

TÍTULO

CITADO POR

AÑO

**Simultaneous scheduling of multiple frequency services in stochastic unit commitment**

L Badesa, F Teng, G Strbac

IEEE Transactions on Power Systems 34 (5), 3858-3868

138

2019

**Scenario generation of aggregated wind, photovoltaics and small hydro production for power systems applications**

S Camal, F Teng, A Michiorri, G Kariniotakis, L Badesa

Applied Energy 242, 1396-1406

80

2019

**Optimal portfolio of distinct frequency response services in low-inertia systems**

L Badesa, F Teng, G Strbac

IEEE Transactions on Power Systems 35 (6), 4459-4469

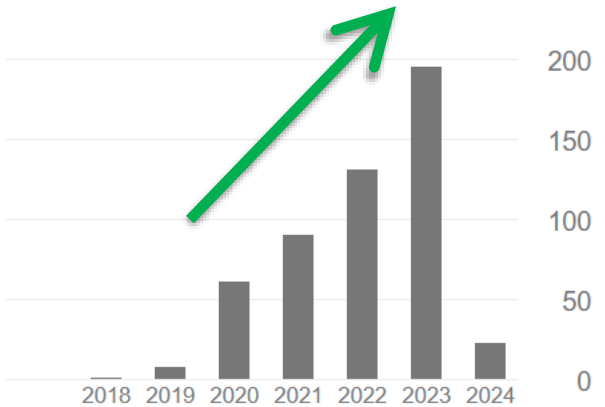
58

2020

Interés creciente por parte de la comunidad investigadora

Citado por

	Total	Desde 2019
Citas	518	511
Índice h	11	11
Índice i10	12	12



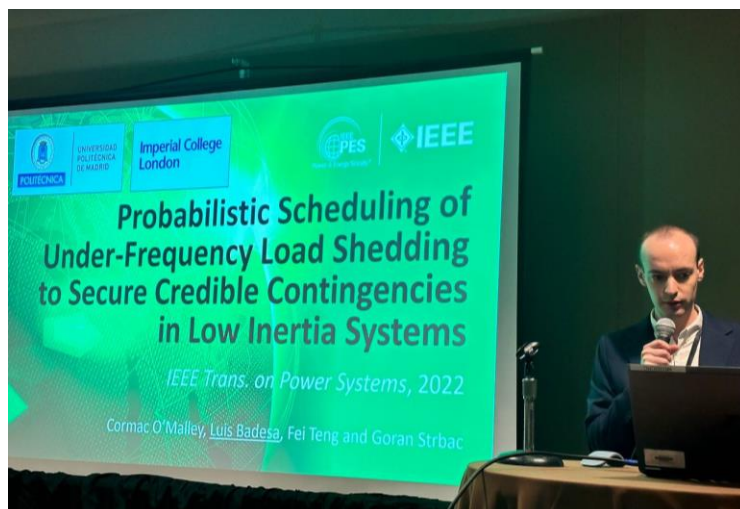
# Ponencias y charlas recientes



2022 IEEE Power & Energy Society General Meeting  
Denver, Colorado (EE. UU.)



2023 IEEE PowerTech  
Belgrado (Serbia)



2023 IEEE Power & Energy Society General Meeting  
Orlando, Florida (EE. UU.)



Evento “Energía y Sociedad”, ETSII UPM  
(noviembre de 2023)

# Charlas grabadas y recopilación de material

## Web profesional

Artículos en acceso abierto, vídeos de charlas y material docente

<https://badber.github.io/>

## Luis Badesa

Welcome to my website!

I am Assistant Professor in Power Systems at the [Technical University of Madrid \(UPM\)](#) and Visiting Researcher at the Department of Electrical and Electronic Engineering, [Imperial College London](#).

My research aims to facilitate a cost-effective integration of renewable energies: I develop mathematical models to operate electricity grids and markets efficiently. You can [see a summary here](#).

(In Spanish):

- Material docente de "Teoría de Circuitos" (libro, ejercicios y diapositivas)
- [Plantilla Overleaf](#) para Trabajo Fin de Grado UPM

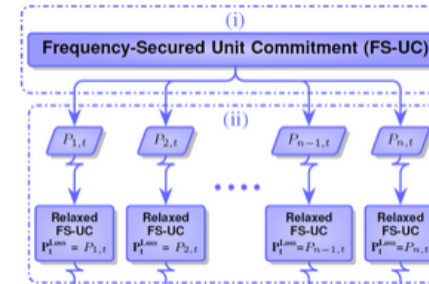


## Journal papers



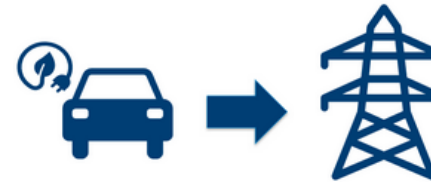
Who should pay for frequency-containment ancillary services?  
Providing incentives to shape investment during the energy transition

*Energy Policy*, under review  
[arXiv](#)



Cost Allocation for Inertia and Frequency Response  
Ancillary Services

*IEEE Transactions on Energy Markets, Policy and Regulation*  
(under review)  
[arXiv](#)



Frequency Response from Aggregated V2G Chargers With  
Uncertain EV Connections



*IEEE Transactions on Power Systems*, 2023  
[arXiv](#)




Assigning Shadow Prices to Synthetic Inertia and Frequency  
Response Reserves from Renewable Energy Sources

*IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 2023  
[arXiv](#) · [slides](#)

# Artículos con código libre (GitHub)


**badber**


[Overview](#) [Repositories](#) 10 [Projects](#) [Packages](#) [Stars](#)





**Luis Badesa**  
badber  
Assistant Professor in electrical engineering at the Technical University of Madrid (UPM)  
[Edit profile](#)  
50 followers · 0 following


**Pinned** [Customize your pins](#)


 **StochasticUnitCommitment** Public  
Solve the stochastic version of the Unit Commitment, a typical optimisation problem in power systems  
MATLAB ☆ 32 🔗 9

 **MultiFR\_optimisation** Public  
Joint market clearing of energy and frequency services, including a pricing methodology.  
MATLAB ☆ 14 🔗 4

 **TwoRegion\_Frequency** Public  
Deduce frequency-security constraints in a two-region system  
MATLAB ☆ 11 🔗 3

 **Antenna\_pattern\_and\_design** Public  
Design antenna-arrays and compute their radiation patterns  
MATLAB ☆ 9 🔗 2

 **Digital\_Filter\_design** Public  
Design IIR and FIR digital filters.  
MATLAB ☆ 1

 **overestimating\_planes** Public  
Overestimate a convex, nonlinear function with planes  
MATLAB ☆ 2 🔗 1

**456 contributions in the last year** [Contribution settings](#)

	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Mon													
Wed													

2023  
2022  
2021



# Revisor de artículos

Documents

Peer Review

72

Verified peer reviews

Web of Science™

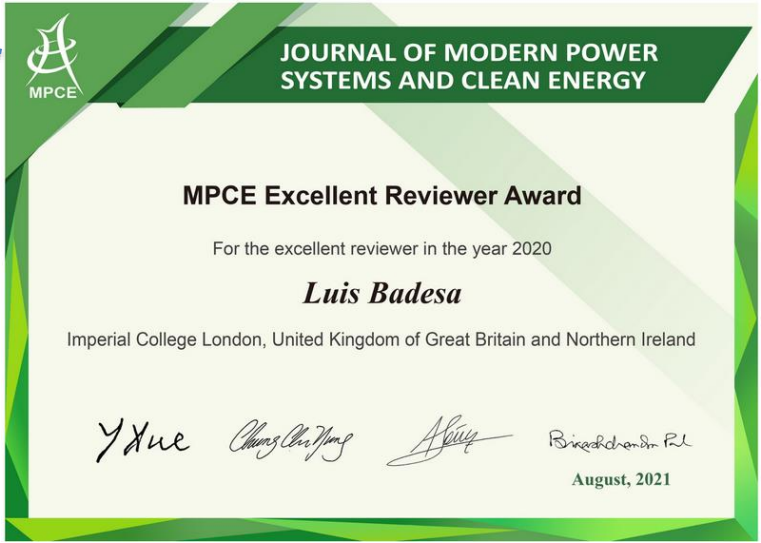
Verified peer reviews

- 30 IEEE Transactions on Power Systems
- 9 Electric Power Systems Research
- 9 Journal of Modern Power Systems and Clean Energy
- 7 IEEE Transactions on Sustainable Energy
- 4 IET Generation, Transmission & Distribution
- 3 Applied Energy
- 3 North American Power Symposium
- 2 Energies
- 2 IEEE Transactions on Energy Markets, Policy and Regulation
- 1 IEEE PES PowerTech Conference
- 1 IEEE Transactions on Smart Grid
- 1 International Conference on Smart Energy Systems and Techno

## IEEE Transactions on Power Systems

### Outstanding Reviewers for 2023

Azimi	Seyed Mohammad	Hamedan University of Technology
Badesa	Luis	Polytechnic University of Madrid University
Bento	Murilo E. C.	Federal University of Rio de Janeiro
Bu	Siqi	Hong Kong Polytechnic University



# Currículum vitae

Participación en proyectos

# Proyectos competitivos

Contribuciones principales a proyectos:

Proyecto	Entidad financiadora	Fechas
Integrated Development of Low-Carbon Energy Systems (IDLES): A Whole-System Paradigm for Creating a National Strategy	EPSRC (UK)	2018-2022
GreenHyScale	H2020	2021-2022
Market and Policy Design for Ambitious Wind Generation	UKERC (UK)	2021-2022
Evaluation of synthetic inertia from offshore wind	Carbon Trust (UK)	2022
Fast Flex	UKRI (UK)	2022
E4Future	UKRI (UK)	2020-2022
Energy Storage for Low Carbon Grids	EPSRC (UK)	2016-2018

# Proyectos de consultoría

Estudio del código de red nacional y sus diferencias y necesidades de adaptación a diferentes códigos de red de otros países (**2023**)

- Entidad financiadora: **Isemaren S.L.**
- Duración: 4 meses
- IP: Ricardo Albarracín (**ETSIDI-UPM**)

Cuantificación del valor del hidrógeno para la descarbonización del sistema energético británico (**2022**)

- Entidad financiadora: **Hitachi Energy**
- Duración: 2 meses
- IP: Goran Strbac (**Imperial College London**)

Cuantificación del valor del almacenamiento de larga duración en el sistema energético británico (**2020**)

- Entidad financiadora: **SSE Renewables**
- Duración: 3 meses
- IP: Goran Strbac (**Imperial College London**)



# Proyecto docente

# La ETS de Ingeniería y Diseño Industrial



- Títulos oficiales de Grado:
  - Grado en **Ingeniería Eléctrica**
  - Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática
  - Grado en Ingeniería Mecánica
  - Grado en Ingeniería Química
  - Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto
- Títulos de Doble Grado:
  - Doble Grado en Ingeniería en Diseño Industrial y Desarrollo de Producto y en Ingeniería Mecánica
  - Doble Grado en Ingeniería Eléctrica y en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

# Asignaturas incluidas en el perfil de la plaza

## **Teoría de Circuitos**

(todos los grados)

- Métodos de análisis más importantes, circuitos de corriente continua, alterna monofásica y trifásica, e introducción al régimen transitorio.

**+ Trabajo Fin de Grado  
(TFG)**

## **Teoría de Circuitos II**

(Grado en Ing. Eléctrica)

- Amplía estudio de generadores, técnicas de análisis y sistemas trifásicos, e introduce acoplamientos magnéticos y transformadores.

## **Teoría de Circuitos III**

(Grado en Ing. Eléctrica)

- Régimen transitorio (análisis clásico, Laplace, espacio estados), análisis en frecuencia, cuadripolos.

## **Medidas Eléctricas**

(Grado en Ing. Eléctrica)

- Estudio y aplicación de distintos métodos de medición de magnitudes eléctricas, evaluando la incertidumbre asociada al resultado.

# Estructura de las asignaturas

Las cuatro asignaturas incluidas en el perfil de la plaza se dividen en **dos partes**:

- **Teoría y Problemas**
  - Clases magistrales para exponer los conceptos teóricos.
  - Resolución de problemas en clase, intercalados con las explicaciones teóricas.
- **Laboratorio**
  - Permiten reforzar el aprendizaje adquirido en clase de teoría mediante la experimentación.
  - Los alumnos aprenden además a utilizar los principales aparatos de medida de magnitudes eléctricas y herramientas de simulación de circuitos.

# Teoría de Circuitos

## Contenido **teórico**:

1. Conceptos básicos. Circuitos de corriente **continua**.
2. Corriente **alterna** monofásica
3. Sistemas **trifásicos**
4. **Teoremas** fundamentales
5. Régimen **transitorio** de los circuitos

4,5 ECTS  
(2º curso, todos los grados)

---

## Prácticas de **laboratorio**:

1. Introducción a las medidas eléctricas
2. Medida industrial de resistencias
3. Comprobación de las leyes de Kirchhoff
4. Medida de impedancias. Circuito serie de corriente alterna.
5. Circuitos paralelo y mixto de corriente alterna.
6. Sistemas trifásicos equilibrados. Mejora del f.d.p.

# Teoría de Circuitos II

## Contenido **teórico**:

1. Elementos **activos** en los circuitos
2. Sistemas **trifásicos**
3. Técnicas generales de **análisis**
4. **Teoremas** generales de los circuitos
5. **Acoplamientos magnéticos**
6. **Transformadores**

**6 ECTS**

(2º curso, Grado en Ing. Eléctrica)

## Prácticas de **laboratorio**:

1. Estudio de la fuente de continua
2. Sistemas trifásicos desequilibrados en estrella
3. Sistemas trifásicos desequilibrados en triángulo y determinación de la secuencia de fases
4. Caracterización de la fuente de alterna
5. Análisis por mallas
6. Acoplamientos magnéticos
7. Transformadores de tres devanados y adaptación de impedancias

# Teoría de Circuitos III

## Contenido **teórico**:

1. Estudio del **régimen transitorio**
2. Análisis en **variables de estado**
3. Análisis en **frecuencia**
4. **Cuadripolos**
5. Análisis de circuitos con componentes **no lineales**

**4,5 ECTS**  
(3<sup>er</sup> curso, Grado en Ing. Eléctrica)

---

## Prácticas de **laboratorio** (usando la herramienta de simulación *Qucs*):

1. Introducción a la simulación de circuitos en *Qucs*
2. Régimen transitorio, circuitos de primer orden
3. Régimen transitorio, circuitos de segundo orden
4. Análisis en frecuencia: resonancia
5. Medida de cuadripolos
6. Cuadripolos y filtros

# Medidas Eléctricas

## Contenido **teórico**:

1. Generalidades sobre **metrología**
2. **Calibrado y verificación** de aparatos de medida eléctricos
3. **Adaptadores y transductores** para medidas eléctricas
4. Medida de **tensiones, intensidades y resistencias**
5. Medida de **impedancias, capacidades y autoinducciones**
6. Medidas de **potencia y energía**

**3 ECTS**  
(3<sup>er</sup> curso,  
Grado en Ing. Eléctrica)

## Prácticas de **laboratorio**:

1. Verificación de un vatímetro en corriente continua y en corriente alterna.
2. Ampliación del campo de medida de voltímetros y amperímetros.
3. Medida de f.e.m. y resistencias mediante métodos industriales y de laboratorio.
4. Medida de impedancias con métodos industriales.
5. Medidas de L y C mediante métodos de laboratorio.
6. Medida de potencia activa y reactiva en sistemas trifásicos.



# Metodología docente, ejemplo: “Interludios”

**Anécdotas o curiosidades** relacionadas con la asignatura

- Hacen que el estudiante reconecte si ha dejado de atender
- Motivan su interés por la asignatura al entender su aplicabilidad (por ejemplo, HVDC)

Interludio: descarbonización, ¿electrificación directa o  $H_2$ ?

Caso de la calefacción: ¿bombas de calor o calderas de  $H_2$ ?



Si quieres saber más, [aquí](#) (en inglés)

Interludio: película relacionada con la asignatura

La guerra de las corrientes, 2017



# “Interludios” centrados en ODS

Concienciar sobre el  
cambio climático

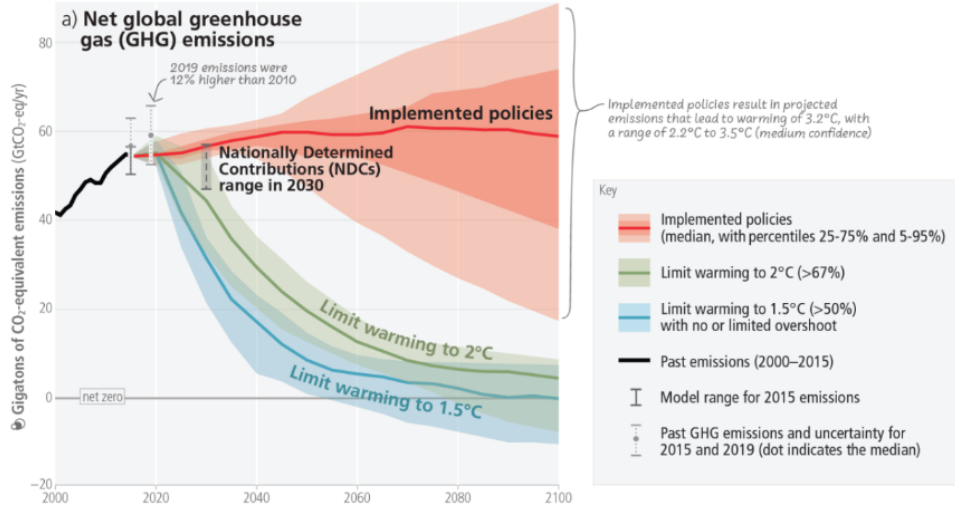
Promover la  
igualdad de género

## Interludio: escenarios climáticos

**Limiting warming to 1.5°C and 2°C involves rapid, deep and in most cases immediate greenhouse gas emission reductions**

Net zero CO<sub>2</sub> and net zero GHG emissions can be achieved through strong reductions across all sectors

a) Net global greenhouse gas (GHG) emissions



¿Cómo te va a  
afectar a ti?

Mira esto

Fuente:  
“Synthesis report  
of the IPCC sixth  
assessment report  
(AR6)”, 2023

73 / 106

## Interludio: pasado y presente de los sistemas eléctricos

Ms. Edith Clarke,  
General Electric



Prof. Gabriela Hug,  
ETH Zurich



Dr Vera Silva,  
General Electric



# Resolución de problemas

**Resolución en clase** del máximo número de problemas posible

- Ayudan a los estudiantes a **entender mejor los conceptos de teoría**, al verlos aplicados a ejemplos concretos.
- Disponer de la solución mientras se sigue la explicación puede **facilitar el aprovechamiento de la clase**.

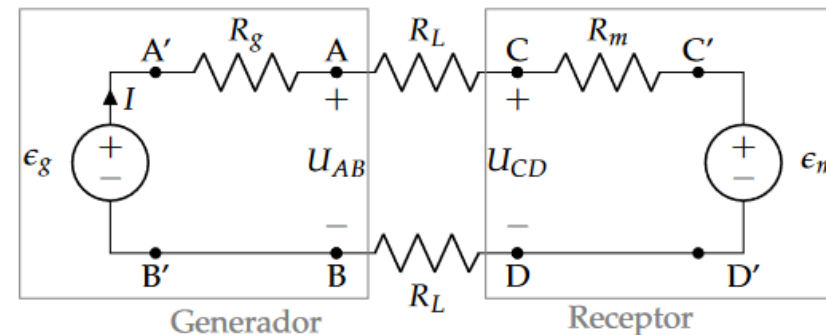
## Enunciado:

Un generador cuya *fem* es de 120 V y resistencia de  $0,2\ \Omega$ , da una corriente de 20 A a un motor situado a 300 m de distancia y de resistencia  $0,5\ \Omega$ . La línea que los conecta es de cobre, de resistividad  $17,24\ \text{m}\Omega\ \text{mm}^2\ \text{m}^{-1}$ . Sabiendo que el motor absorbe 10,2 kWh en 5 h, se debe hallar:

1. La fuerza contraelectromotriz (*f<sub>cem</sub>*) del motor
2. La sección de los conductores de la línea
3. Los rendimientos de: motor, generador, línea y rendimiento total
4. El balance general de potencias

## Solución:

Empezamos dibujando el esquema del circuito y organizando los datos disponibles:



## Datos:

$\epsilon_g = 120\ \text{V}$   
 $R_g = 0,2\ \Omega$   
 $I = 20\ \text{A}$   
 $R_m = 0,5\ \Omega$   
 $E_m = 10,2\ \text{kWh (en 5 h)}$   
 $l = 300\ \text{m}$   
 $\rho = 17,24\ \text{m}\Omega\ \text{mm}^2\ \text{m}^{-1}$

Donde la resistencia de la línea se divide en dos elementos, para distinguir entre el conductor de aporte y el de retorno de corriente.

# Wooclap

**Afianzar conceptos de forma entretenida**, antes de cerrar cada uno de los temas de la asignatura

← Salir

Vaya a **wooclap.com** y use el código **RUNLJG**

Para medir la potencia de un sistema trifásico a 4 hilos equilibrado necesitamos...

- 1 vatímetro
- 2 vatímetros
- 3 vatímetros
- No se puede medir

00:13

wooclap

Votos 6 / 9

Mensajes

100 %

0 / 1

# Trabajo Fin de Grado (TFG)

12 ECTS  
(4º curso)

Objetivo general:

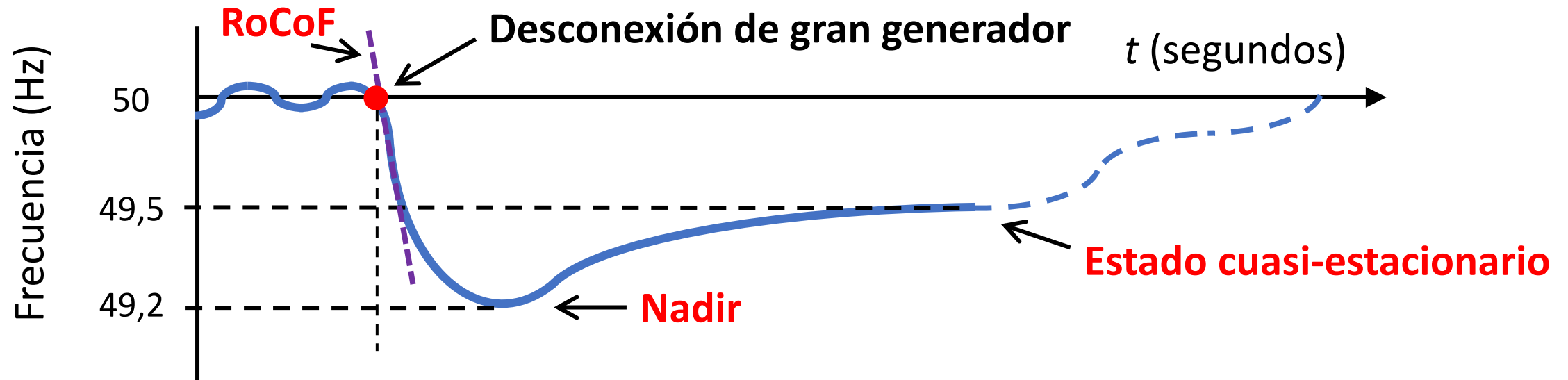
**Integrar los conocimientos** y capacidades adquiridos a lo largo de la titulación, a la vez que se **adquiere madurez**.

- Se potencia la **autonomía del estudiante**, aunque este es guiado por el tutor durante todo el proceso.
- En función de los intereses y capacidades del alumno, **puede abordarse un tema de investigación**, aunque teniendo en cuenta las limitaciones temporales de los 12 ECTS.

# Proyecto de investigación

# Mercados de estabilidad para sistemas eléctricos descarbonizados

Ejemplo, estabilidad en frecuencia:

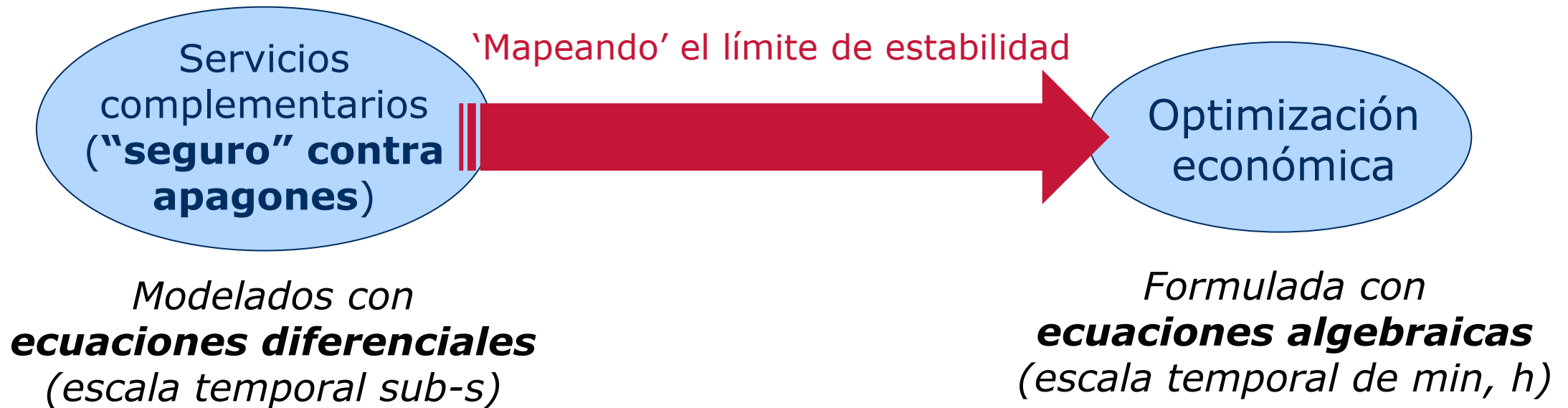


Es clave mantener la frecuencia en límites adecuados para **evitar deslastre de carga**



# Reto: traducir la dinámica a criterios económicos

*¿Cómo saber el volumen óptimo de servicios complementarios para mantener la estabilidad?*



**Objetivo:**  
Minimizar el coste de operación  
garantizando estabilidad en la red



# Relevancia actual de la temática

**theguardian** Fri 9 Aug 2019

## Transport chaos across England and Wales after major power cuts



**EL PAÍS** 24 jul 2021

## Una rotura de la conectividad eléctrica con Francia provoca un apagón en media España



# Relevancia actual de la temática

## Impacto del Covid en Gran Bretaña:

La **caída de la demanda** llevó a este mix de generación:

***Renovables***



+

***Nuclear***



***Este sistema no tenía inercia suficiente,***  
*por lo que el operador de red dio la orden de **encender plantas de gas***  
*simplemente por una cuestión de estabilidad*

*El **coste de** las acciones para **incrementar la inercia** fue de **~£300m** entre mayo y julio de 2020, **3 veces más** que en el mismo periodo en 2019*

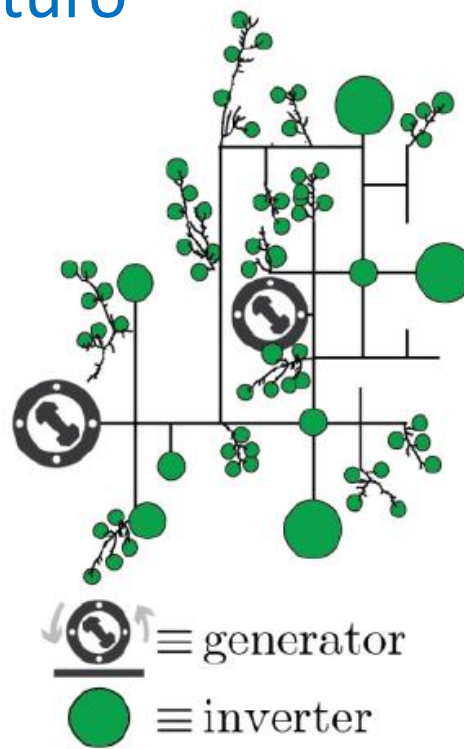
# Preguntas que se abordarán

*¿Cómo mejorar la representación de dispositivos basados en electrónica de potencia en modelos económicos?*

Presente



Futuro



*Herramientas a utilizar*

- Modelado detallado de inversores **'grid-forming'** y **'grid-following'**
- Análisis de **circuitos** (red eléctrica)
- Modelos basados en datos (**Machine Learning**)

# Preguntas que se abordarán

## *¿Cómo incentivar el apoyo a la estabilidad?*

Objetivo general:  
**asignar precios adecuados** a nuevos servicios,  
como la inercia síncrona y la inercia sintética



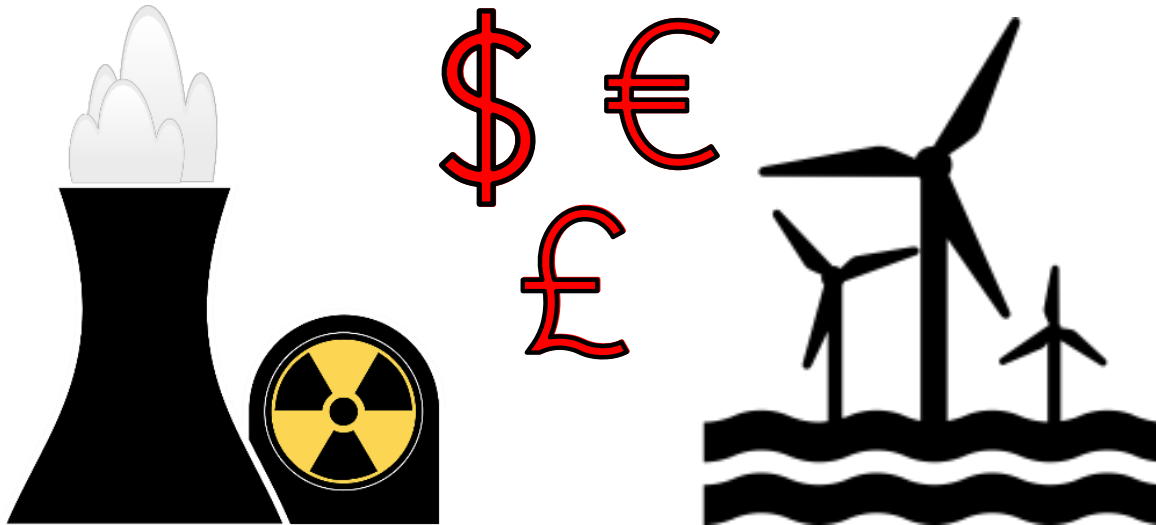
## *Herramientas a utilizar*

- **Análisis de circuitos**  
(red eléctrica)
- **Optimización**  
(dualidad)
- **Teoría económica**

# Preguntas que se abordarán

## *¿Quién debe pagar por la estabilidad?*

Objetivo general:  
**crear incentivos** para que el coste final  
para el consumidor se reduzca



## *Herramientas a utilizar*

- **Teoría de juegos cooperativa**
- **Teoría económica**
- *Análisis cualitativo de la **regulación del sector eléctrico***



# Vías de financiación y colaboraciones

## Proyectos de Generación de Conocimiento 2023:



- Propuesta **en fase final de redacción**, para ser enviada a finales de enero de 2024.
- **Temática:** modelos económicos para estabilidad en frecuencia y estabilidad transitoria.
- Proyecto **coordinado con UC3M**.

---

## Estudiantes de **doctorado a tiempo parcial**:

- Tres estudiantes con intención de comenzar en 2024.

## Colaboraciones nacionales e internacionales:

- Université de Liège (ULiège).
- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC).
- Imperial College London.
- ETH Zurich.

# CONCURSOS DE ACCESO A LOS CUERPOS DOCENTES UNIVERSITARIOS

Luis Badesa Bernardo

## Primer ejercicio

**Centro:** Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial

**Cuerpo docente:** Profesor Permanente Laboral

**Área de Conocimiento:** Ingeniería Eléctrica

**Enero de 2024**