

Cátedra Endesa Red

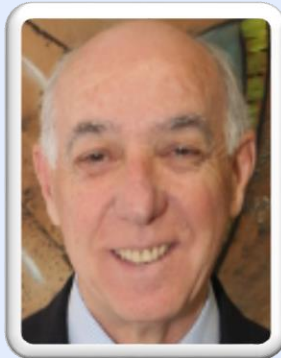
Memoria anual 2020

<u>Organización de la Catedra</u>	5
<u>Cursos</u>	9
<u>Congresos Internacionales</u>	21
<u>Jornadas</u>	29
<u>Seminarios Docentes Recibidos</u>	39
<u>Seminarios Docentes Impartidos</u>	57
<u>Premio Trabajo Fin de Grado</u>	75
<u>Premio Trabajo Fin de Master</u>	79
<u>Tesis Doctorales</u>	83
<u>Proyectos y Transferencia Tecnológica</u>	97
<u>Publicaciones</u>	103
<u>En los medios</u>	107

Organización



D. José Guadix Martín
Vicerrector de Transferencia
del Conocimiento
Universidad de Sevilla



D. Francisco Rodríguez Rubio
Director de la Escuela Técnica
Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla



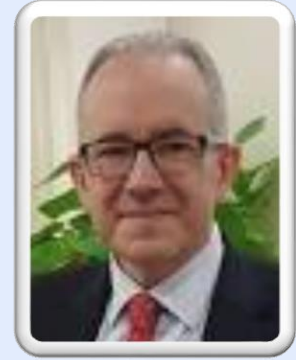
D^a. Esther Romero Ramos
Directora del Departamento
de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla



D. Rafael Sánchez Durán
Director General de Endesa en
Andalucía y Extremadura



D^a. Pilar Nieto Hernández
Network Technology Iberia



D. José Luis Pérez Mañas
Director de Endesa Distribución
Andalucía Occidental



D. Antonio Gómez Expósito
Catedrático de Ingeniería Eléctrica.
Universidad de Sevilla

DIRECTOR



D. Jacob Rodríguez Rivero
Responsable de Proyectos de Innovación
en Network Technology Iberia

DIRECTOR ADJUNTO

Cursos

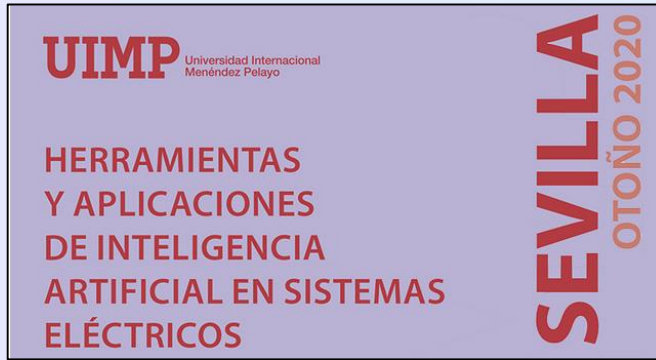
☐ Cursos de Otoño 2020 de la UIMP

Cursos

Cursos de Otoño 2020 de la UIMP:

“Herramientas y Aplicaciones de Inteligencia Artificial en Sistemas Eléctricos”

7 y 8/10/2020

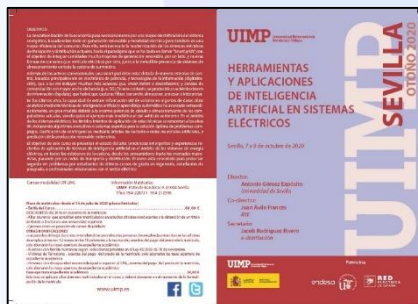


Los días 7 y 8 de octubre de 2020 se celebró en Sevilla el Encuentro ‘Herramientas y aplicaciones de inteligencia artificial en sistemas eléctricos’, que se enmarcó dentro de los Cursos de Otoño de 2020 organizados por la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP).

Patrocinada por la Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla y por Red Eléctrica Española, la Escuela de Energía está dirigida por el catedrático de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla, D. Antonio Gómez Expósito; por el responsable de departamento de Innovación Social de REE, D. Juan Ávila Francés, y por el responsable de Innovación de Distribución de Endesa, D. Jacob Rodríguez Rivero.

El objetivo de este curso consistió en presentar el estado del arte, tendencias emergentes y experiencias recientes de aplicación de técnicas de inteligencia artificial en el ámbito de los sistemas de energía eléctrica, en todos los eslabones de la cadena, desde los prosumidores hasta los mercados mayoristas, pasando por las redes de transporte y distribución. El curso estuvo concebido para poder ser seguido sin problemas por estudiantes de últimos cursos de grado en ingeniería, estudiantes de posgrado, o profesionales relacionados con el sector eléctrico.

La descarbonización de la economía pasa necesariamente por una mayor electrificación del sistema energético, basada sobre todo en generación renovable y movilidad eléctrica pero también en una mayor eficiencia del consumo. Para ello, será necesaria la modernización de los sistemas eléctricos de transporte y distribución actuales, hacia el paradigma que se ha dado en llamar “Smart Grids”, con el objetivo de integrar cantidades mucho mayores de generación renovable, por un lado, y nuevas formas de consumo (p.e. vehículo eléctrico) por otro, junto a la ineludible presencia de sistemas de almacenamiento en toda la cadena de suministro.



Además de los activos convencionales, una Smart Grid debe estar dotada de nuevos sistemas de control, basados principalmente en electrónica de potencia, y tecnologías de la información (digitalización), que a su vez incluyen muchos más sensores (p.e. smart meters o sincrofasores) y canales de comunicación con mayor ancho de banda (p. e. 5G). En este contexto, se producirá un auténtico boom de información (big data), que habrá que capturar, filtrar, transmitir, almacenar, procesar e interpretar.

En los últimos años, la capacidad de extraer información útil de volúmenes ingentes de datos (data analytics) mediante técnicas de inteligencia artificial y aprendizaje automático ha avanzado extraordinariamente, en gran medida debido a la enorme potencia de cálculo y almacenamiento de los computadores actuales, siendo quizá el ejemplo más mediático el del vehículo autónomo. En el ámbito de los sistemas eléctricos, los tímidos intentos de aplicación de estas técnicas se remontan a los años 90, incluyendo algoritmos evolutivos o sistemas expertos para la solución óptima de problemas complejos, clasificación de contingencias mediante árboles de decisión o redes neuronales artificiales, y predicción de la producción renovable, entre otros.



D. Antonio Gómez Expósito, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla junto a **D^a. Nieves López Santana**, Directora de la sede de Sevilla de la UIMP.



D. Jacob Rodríguez Rivero, Responsable de Innovación de Distribución de Endesa, durante su intervención.

Video de las presentaciones.



<https://www.youtube.com/watch?v=zwfyGH9C4hk&feature=youtu.be>

Sesión Inaugural:

D^a Nieves López Santana, Directora Sede Sevilla UIMP.

D. José Luis Pérez Mañas, Director Andalucía y Extremadura E-Distribución

D. Jorge Juan Jiménez Luna, Delegado Regional de REE

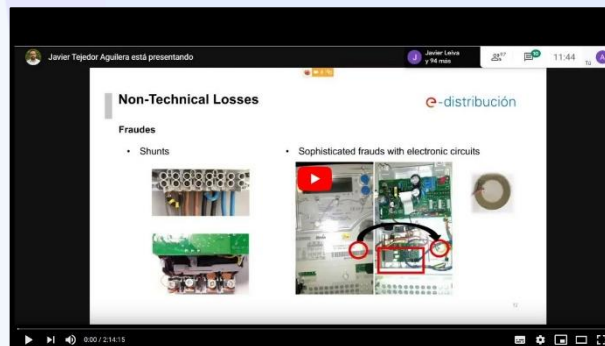
D. Antonio Gómez Expósito, Director Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla.

Moderador:

D. Jacob Rodríguez Rivero, E-Distribución.

Ponencia:

D. Francisco Jesús Martínez Murcia, SIPBA. Título: Analítica de Datos e Inteligencia Artificial: Conceptos y Herramientas.



<https://www.youtube.com/watch?v=rbn6eOZfTUw&feature=youtu.be>

Moderador:

D. Jacob Rodríguez Rivero, E-Distribución.

Ponencias:

D. Javier Tejedor Aguilera, E-Distribución. Título: Detección de Pérdidas no Técnicas Mediante Aprendizaje Automático.

D. Adolfo Gastalver Rubio, Ingelectus. Título: Asociación de Clientes a Fases Mediante Redes Neuronales Profundas.

D. Carlos Gaitán Poyatos, E-Distribución. Título: Monitorización y Mantenimiento de Transformadores MT/BT Mediante Tratamiento de Imágenes Térmicas.

Continuación videos de las presentaciones.



<https://www.youtube.com/watch?v=sYvX9jTMRew&feature=youtu.be>

Moderador:

D. Jorge Juan Jiménez Luna, Delegado Regional de REE

Ponencias:

D. Jesús Manuel Riquelme Santos, Catedrático de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla. Título: Predicción de Recursos Energéticos Distribuidos: El Caso del Vehículo Eléctrico.

D. Sergio Quintín Clemente, REE. Título: MANINT. Mantenimiento Inteligente de Activos de Transporte.



<https://www.youtube.com/watch?v=nCZRdr4ML2A&feature=youtu.be>

Moderador:

D. Antonio Gómez Expósito, Director Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla.

Ponencias:

D. Antoine Marot, INRIA-RTE. Título: Application of AI tools in the operation of transmission systems: the experience of RTE.

D. Theo Borst, DNV-GL. Título: Data Science and Machine Learning in Power and Renewables: the vision of DNV-GL.

D^a. Jelena Ponocko, University of Manchester. Título: Smart meter data-based demand profiling and its application to advanced demand side management.

D. Mevludin Glavic, Independent researcher/consultant, formerly with University of Liege. Título: (Deep) Reinforcement learning for power system stability enhancement.

Conclusiones y Clausura

PONENCIA:

D. Jesús Martínez-Murcia de la Universidad de Granada presentó su ponencia titulada “Análítica de Datos e Inteligencia Artificial: Conceptos y Herramientas”.

Un cambio de paradigma

Diagram illustrating the 'DL Big Bang' around 2012, showing the convergence of DNNs, GPUs, and Big Data.

Redes Convolucionales

Convolutional Layer + Pooling Layer + Activation = CNN.

Pooling se está sustituyendo por dilated convolution (convolution with stride).

Single depth slice

1	1	2	4
5	6	7	8
3	2	1	0
1	2	3	4

max pool with 2x2 filters and stride 2

6	8
3	4

Lenguajes más utilizados

Python: (Todo el mundo), R: (Todo el mundo) y MATLAB: (Todo el mundo)

Deep Learning Frameworks

TensorFlow: (Todo el mundo), Keras: (Todo el mundo) y PyTorch: (Todo el mundo)

Uso de GPU (pytorch)

```

device = torch.device("cuda:0" if torch.cuda.is_available() else "cpu")

model.train()
model.to(device)
epoch = 20
for epoch in range(epoch):
    x_train = x_train.to(device)
    y_train = y_train.to(device)
    optimizer.zero_grad()
    # Paso hacia adelante
    y_pred = model(x_train)
    # Calcular el loss
    loss = criterion(y_pred.squeeze(), y_train)
    # Backpropagación
    loss.backward()
    optimizer.step()

# Evaluación
model.eval()
y_pred = model(x_test)
after_train = criterion(y_pred.squeeze(), y_test)
print('Loss tras el entrenamiento', after_train.item().detach().cpu())
    
```

PONENCIA:

D. Carlos Gaitán Poyatos de New Technologies & Innovation Global Infrastructure & Networks e-distribución presentó su ponencia titulada “Monitorización y Mantenimiento de Transformadores MT/BT Mediante Tratamiento de Imágenes Térmicas”.

PONENCIA:

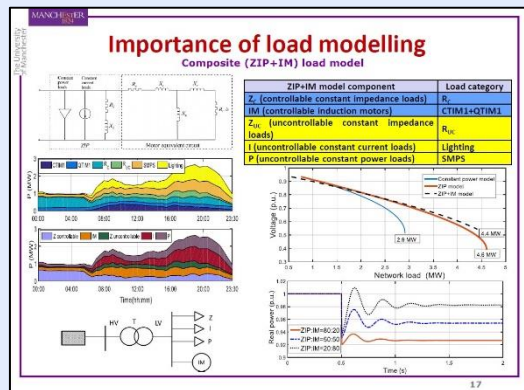
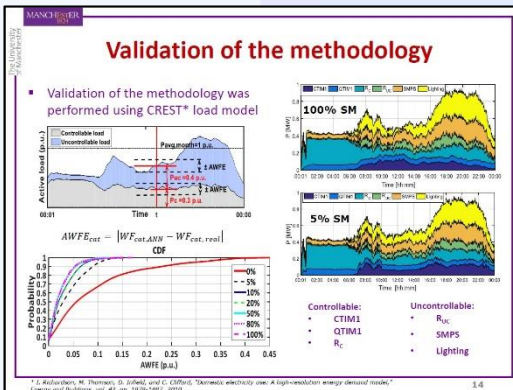
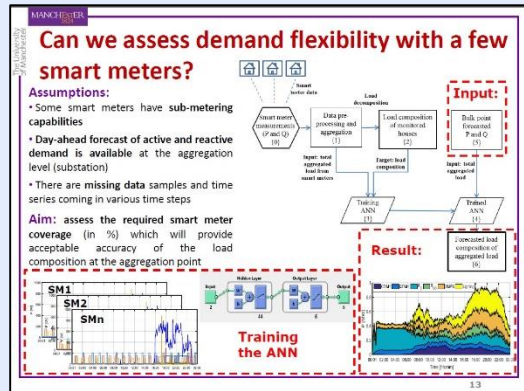
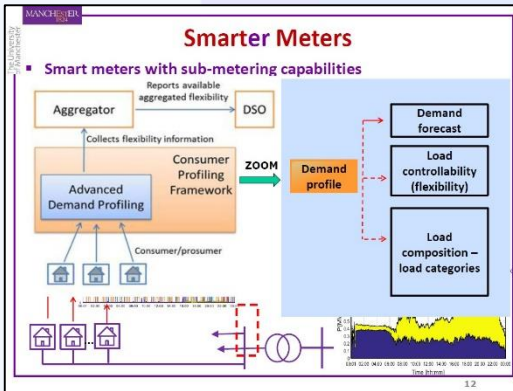
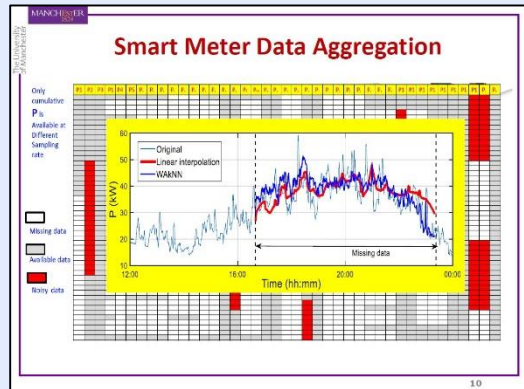
La **Dra. Jelena Ponočko** de la School of Electrical & Electronic Engineering de la University of Manchester presentó su ponencia titulada “Smart Meter Data-based Demand Profiling and Its Application to Advanced Demand Side Management”.

Smart Meter Data-based Demand Profiling and Its Application to Advanced Demand Side Management

Dr Jelena Ponočko

School of Electrical & Electronic Engineering

8th October 2020
UIIMP, Sevilla, Spain



PONENCIA:

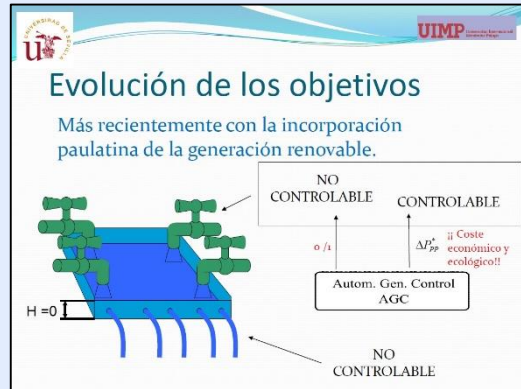
El **Dr. Jesús M. Riquelme Santos**, Catedrático de Universidad adscrito al Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla, presentó su ponencia titulada “Predicción de Recursos Energéticos Distribuidos: El Caso del Vehículo Eléctrico”.



HERRAMIENTAS Y APLICACIONES DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SISTEMAS ELÉCTRICOS

Predicción de recursos energéticos distribuidos: el caso del vehículo eléctrico.

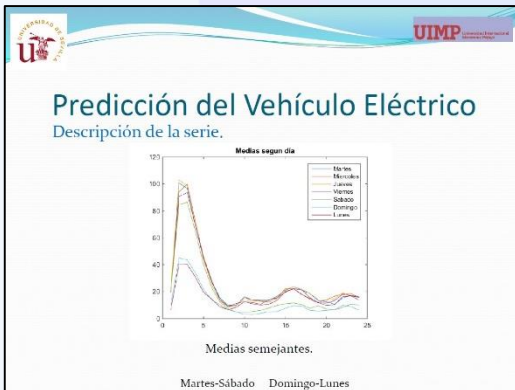
Jesús Riquelme Santos y Catalina Gómez Quiles
Departamento de Ingeniería Eléctrica
Universidad de Sevilla
Otoño 2020



Evolución de los objetivos

Más recientemente con la incorporación paulatina de la generación renovable.

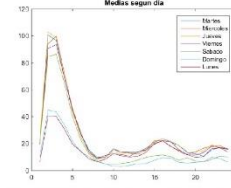
Diagrama que muestra la evolución de los objetivos de control en un sistema de generación renovable. Se indica la presencia de generación "NO CONTROLABLE" y "CONTROLABLE". El control se realiza mediante "Autom. Gen. Control AGC". Se menciona el costo económico y ecológico, representado por ΔP_{pp} .



Predicción del Vehículo Eléctrico

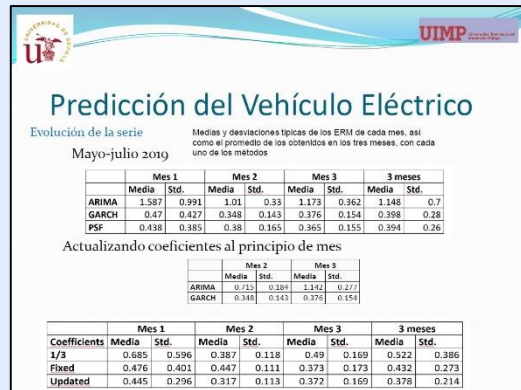
Descripción de la serie.

Medias según día



Medias semejantes.

Martes-Sábado Domingo-Lunes



Predicción del Vehículo Eléctrico

Evolución de la serie

Mayo-julio 2019

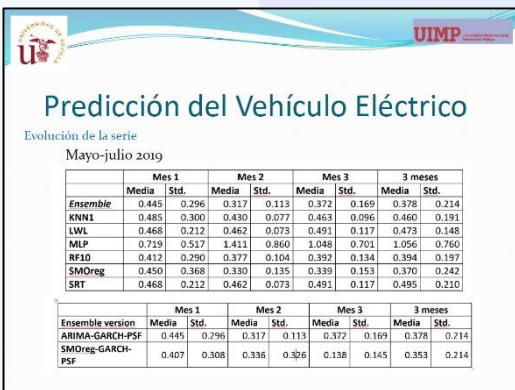
Medias y desviaciones típicas de los ERM de cada mes, así como el promedio de los obtenidos en los tres meses, con cada uno de los métodos

	Mes 1		Mes 2		Mes 3		3 meses	
	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.
ARIMA	1.587	0.991	1.01	0.33	1.173	0.362	1.148	0.7
GARCH	0.47	0.427	0.348	0.143	0.376	0.154	0.398	0.28
PSF	0.438	0.385	0.38	0.365	0.365	0.155	0.394	0.26

Actualizando coeficientes al principio de mes

	Mes 2		Mes 3	
	Media	Std.	Media	Std.
ARIMA	0.713	0.186	1.142	0.277
GARCH	0.348	0.143	0.376	0.154

	Mes 1		Mes 2		Mes 3		3 meses	
Coefficients	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.
1/3	0.685	0.596	0.387	0.118	0.49	0.169	0.522	0.386
Fixed	0.476	0.401	0.447	0.111	0.373	0.173	0.432	0.273
Updated	0.445	0.296	0.317	0.113	0.372	0.169	0.378	0.214



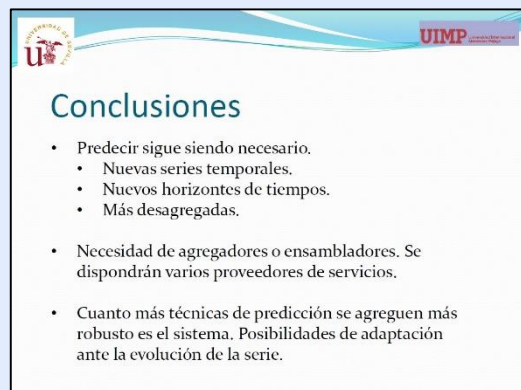
Predicción del Vehículo Eléctrico

Evolución de la serie

Mayo-julio 2019

	Mes 1		Mes 2		Mes 3		3 meses	
	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.
Ensemble	0.445	0.296	0.317	0.113	0.372	0.169	0.378	0.214
KNNI	0.485	0.300	0.430	0.077	0.463	0.096	0.460	0.191
LWL	0.468	0.212	0.462	0.073	0.491	0.117	0.473	0.148
MPL	0.719	0.517	1.411	0.860	1.048	0.701	1.056	0.760
RF10	0.412	0.290	0.377	0.104	0.392	0.134	0.394	0.197
SMOreg	0.450	0.368	0.330	0.135	0.339	0.153	0.370	0.242
SRT	0.468	0.212	0.462	0.073	0.491	0.117	0.495	0.210

	Mes 1		Mes 2		Mes 3		3 meses	
Ensemble version	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.	Media	Std.
ARIMA-GARCH-PSF	0.445	0.296	0.317	0.113	0.372	0.169	0.378	0.214
SMOreg-GARCH-PSF	0.407	0.308	0.336	0.306	0.138	0.145	0.353	0.214



Conclusiones

- Predecir sigue siendo necesario.
 - Nuevas series temporales.
 - Nuevos horizontes de tiempos.
 - Más desagregadas.
- Necesidad de agregadores o ensambladores. Se dispondrán varios proveedores de servicios.
- Cuanto más técnicas de predicción se agreguen más robusto es el sistema. Posibilidades de adaptación ante la evolución de la serie.

Congresos Internacionales

□ ICREPQ 2020

Congresos Internacionales

ICREPQ 2020

2 al 4/09/2020

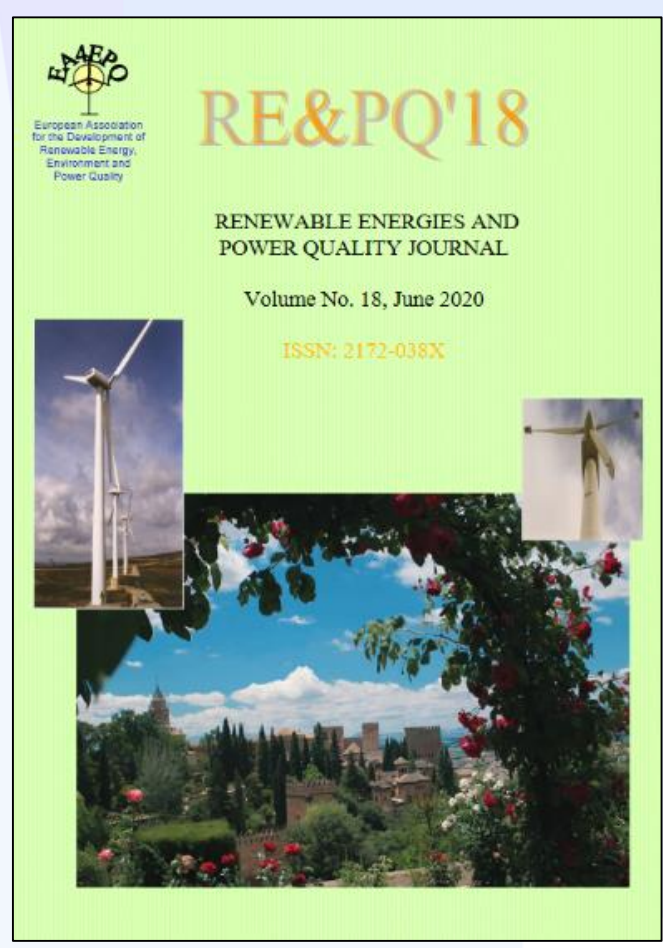
CONGRESO MUNDIAL SOBRE ENERGÍA RENOVABLE Y CALIDAD ENERGÉTICA

Los días 2, 3 y 4 de septiembre de 2020 se celebró el congreso **International Conference on Renewable Energy and Power Quality (ICREPQ'20)** en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos de la **Universidad de Granada**.

El congreso fue organizado por la Universidad de Granada, la Universidad de Vigo y la European Association for the Development of Renewable Energy, Environment and Power Quality (EA4EPQ).

En cuanto a los objetivos y temas, la intención de los organizadores fue dar la oportunidad a académicos, científicos, ingenieros, manufactureros y usuarios de todo el mundo a reunirse para discutir recientes desarrollos en las áreas de **energía renovable y calidad energética**. Con expertos destacados de países como China, Canadá, Brasil, Francia, España, Estados Unidos, Japón o Reino Unido, el idioma de la conferencia y sus presentaciones serán en inglés.

Programa del Congreso:



PONENCIA:



D. Carlos Gaitán Poyatos

Carlos Gaitán Poyatos received the B.E and M.E in Computer Science and Marketing and Marker Research from the University of Jaen and UOC respectively. He is currently pursuing Ph.D degree in Computer Engineering at University of Granada. His research interests include deep generative models, machine learning and process analytics for industry 4.0.


He has been working in the energy sector for more than 15 years, holding a variety of technical roles, including Risk Management and Energy Measurement and Recovery Operations Europe at ENEL. He is currently working as an Innovation project manager in ENDESA, in charge of the PASTORA project at the Smart City/living Lab Málaga. In addition, he collaborates as a Lecturer in the Big Data and Bussines Intelligence Master at UOC, University of Barcelona.

D. Carlos Gaitán Poyatos, de la empresa New Technologies & Innovation Global Infrastructure & Networks e-distribution, presentó su ponencia titulada “Monitoring of MV/LV Transformers by Applying Data Analytics to Electrical and Thermal Sensors Information”.


Video de la presentación:

INTERNAL


Monitoring of MV/LV transformers by applying data analytics to electrical and thermal sensors information



PASORA
leading the future's walk



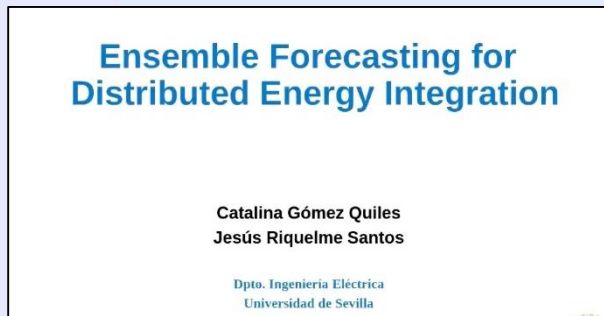
UNIVERSIDAD DE GRANADA



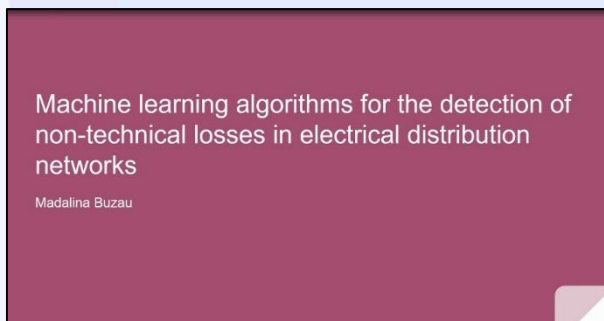
Carlos Gaitán Poyatos
New Technologies & Innovation
Global Infrastructure & Networks
e-distribución

PONENCIAS:

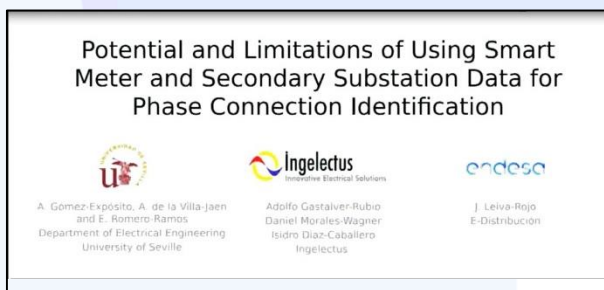
D^a. Catalina Gómez Quiles, Profesora Titular de la Universidad de Sevilla, presentó su ponencia titulada “Ensemble Forecasting for Distributed Energy Integration”.



D^a. Madalina Buzau, consultora en Data Analytic, presentó su ponencia titulada “Machine Learnig Algorithms for the Detection of Non-Technical Losses in Electrical Distribution Networks”.



D. Adolfo Gastalver Rubio, de la empresa Ingelectus, presentó su ponencia titulada “Potential and Limitations of Using Smart Meter and Secondary Substation Data for Phase Connection Identification”.



Jornadas

- Jornada de Presentación de la Cátedra Fenié Energía. Málaga
- Ciclo “La Luz: Vida, Ciencia, Progreso”

Jornadas

“Jornada de Presentación Cátedra Fenie Energía”
Universidad de Málaga

20/01/2020



La presentación de la jornada de la Cátedra Fenie Energía corrió a cargo del Excmo. Sr. Rector Mgfc. de la Universidad de Málaga José Ángel Narváez; D. Alejandro Rodríguez, Director de la Escuela de Ingenierías Industriales; D. Carlos Moyá, Presidente de Fenie Energía, y D. Alfonso Palacios, responsable de Innovación e Infraestructuras del Polo Nacional de Contenidos Digitales del Ayuntamiento de Málaga.

Ponencias: “Flexibilidad y agregación en el mercado eléctrico español”, a cargo de D^a Alicia Carrasco, Directora ejecutiva de la asociación ENTRA y CEO de olivoENERGY. La segunda ponencia, “El almacenamiento de energía en los sistemas eléctricos: tecnologías, aplicaciones y tendencias actuales”, corrió a cargo de D. Antonio Gómez-Expósito, Catedrático de Ingeniería Eléctrica y Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla.



Jornadas

Ciclo “La Luz, Ciencia, Progreso”
Sesión telemática, Antequera

16 y 17/09/2020



<https://www.youtube.com/watch?v=MYaf-itqcDs>

D. Antonio Gómez Expósito, Académico Numerario de la Real Academia Sevillana de Ciencias, impartió el pasado 17 de septiembre de 2020 la ponencia titulada “Energía de la Luz: Electricidad sin Fuego”.



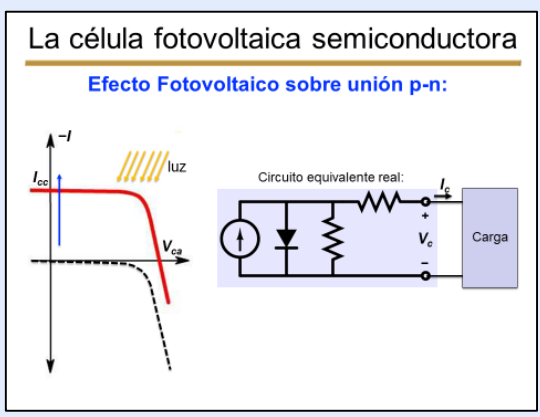
**Energía de la Luz:
Electricidad sin Fuego**

Antonio Gómez Expósito, IIEEE Fellow
Catedrático de Ingeniería Eléctrica
Director de la Cátedra Endesa
Universidad de Sevilla

Septiembre de 2020

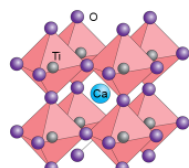
La célula fotovoltaica semiconductor

Efecto Fotovoltaico sobre unión p-n:



El futuro de la fotovoltaica

Células de perovskita: próxima revolución FV?
Mineral natural descubierto en los Urales en s. XIX (CaTiO₃)



Compuestos mixtos: orgánico-inorgánico
Ejemplo: CH₃NH₃PbI₃

- 31% límite teórico eficiencia: (de 3.8% a 20.1% en 5 años)
- Producción muy barata, no probada a gran escala (1 cm²)
- Posibilidad multi-unión con Si (43% límite teórico eficiencia)
- Degradación humedad
- Pb: toxicidad (Estaño)

Source: <https://www.energy.gov/eere/solar/perovskite-solar-cells>

El futuro de la fotovoltaica

Más allá de los tejados: fachadas-ventanas
Retos: durabilidad y fabricación a gran escala



Células de perovskita semitransparentes (polímero orgánico semiconductor)
Source: J.C. Yu, et al. Semi-transparent perovskite solar cells with a cross-linked hole transport layer. Nano Energy. 71:104635 (2020)

Células orgánicas sensibles infrarrojos: >8% eficiencia, >43% transparencia
Source: Y. Lee, et al. High efficiency near-infrared and semitransparent non-fullerene acceptor organic PV cells. J Am Chem Soc 139:17114-17119 (2017)



CICLO “LA LUZ: VIDA, CIENCIA, PROGRESO”

Organizan:

- Instituto de Academias de Andalucía
- Real Academia Sevillana de Ciencias
- Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada
- Academia Malagueña de Ciencias

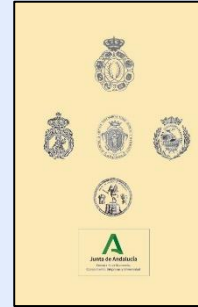
Colabora:

- Real Academia de Nobles Artes de Antequera

Patrocina:

- Consejería de Economía, Conocimiento, Empresas y Universidad de la Junta de Andalucía

16 y 17 de Septiembre de 2020
 Sesión telemática Sevilla/Granada/Málaga/Antequera
<https://www.youtube.com/channel/UCBM1YFdyuKOxIqyEBkIZzw>



«Aquí, en Málaga, parece que han inventado la luz»
 Gabriel García Márquez. Málaga, 1968.



El 16 de mayo de 2018, cincuenta años después de que el Premio Nobel quedara impactado, en su visita a Málaga, de la luminosidad de esta ciudad, se celebraba el primer **Día Internacional de la Luz**.

Fue instaurado por la UNESCO con el objetivo de establecer una celebración anual, cada **16 de mayo**, para que se siga valorando la función esencial que desempeña la luz en la vida de los ciudadanos del mundo en las esferas de la ciencia, la cultura y el arte, la educación y el desarrollo sostenible y en áreas tan diversas como medicina, comunicación y energía.

A iniciativa del Prof. Enrique Hita, las tres Academias de Ciencias de la Comunidad Autónoma de Andalucía y el Instituto de Academias de Andalucía, organizamos, para los días 12 y 13 de mayo de 2020, el CICLO “LA LUZ: VIDA, CIENCIA, PROGRESO” en el que, en el salón de actos del Rectorado de la Universidad de Málaga, académicos de todas y cada una de estas Instituciones tratarían sobre aspectos de la LUZ en disciplinas en las que son expertos.

La situación de alarma sanitaria y confinamiento impuesta por la COVID-19 impidió celebrar dicho ciclo en la fecha y lugar propuestos. Cumpliendo el compromiso de llevarlo a cabo se realiza ahora de manera telemática.

Imagen de la portada: Luz visible de la galaxia Fireworks. Foto: NASA

Día 16:

- 16,30-17,30: “La Luz en la Visión y la Oftalmología”. Fernando Orellana Ramos, Presidente de la Academia Malagueña de Ciencias.
- 17,30-18,30: “La luz Láser, una herramienta para la Ciencia y la Técnica del siglo XXI”. Enrique F. Hita Villaverde, Presidente de la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada.
- 18,30-19,30: “Procesamiento de la energía radiante por el sistema visual humano: LUZ”. Luis Jiménez del Barco, Académico de la Academia de Ciencias Matemáticas, Físico-Químicas y Naturales de Granada.

Día 17

- 10,30-11,30: “La arquitectura y la luz”. Luis Machuca Santa-Cruz, Vicepresidente de la Academia Malagueña de Ciencias.
- 11,30-12,30: “La luz en biología: Fotosíntesis”. Miguel Ángel de la Rosa Acosta, Vicepresidente de la Real Academia Sevillana de Ciencias.
- 12,30-13,30: “Energía de la luz: electricidad sin fuego”. Antonio Gómez Expósito, Académico Numerario de la Real Academia Sevillana de Ciencias.

Seminarios Docentes Recibidos

- Professor Ned Djilali.

“E-Mobility: Status and Prospects of Fuel Cell and Battery Electric Vehicles”

- Professor Pano Kotsampopoulos.

“Real Time Simulation: Key Features, Applications and Interfacing Issues”

“Voltage Control in Distribution Networks, Microgrids and Islanded Systems”

“New Trends in Power Systems Education: HILL simulation, Remote/virtual Labs, Interactive Notebooks and Advanced Educational Methods”

- Dr. Rafael Sánchez Durán.

“Construyendo el Futuro Energético a través de Sandboxes”

- Dr. Pablo Arboleya Arboleya.

“Modelado y Simulación de Redes de Tracción Ferroviaria en DC-Reversibilidad en Subestaciones y Acumulación”

Seminarios Docentes Recibidos

Professor Ned Djilali
“E-mobility: Status and Prospects of Fuel Cell
and Battery Electric Vehicles”

27/02/2020

“E-mobility: Status and Prospects of Fuel Cell and Battery Electric Vehicles”



SEMINARIO
 “E-MOBILITY: STATUS AND PROSPECTS OF FUEL CELL AND BATTERY ELECTRIC VEHICLES”

PROFESSOR NED DJILALI

ORGANIZA:
 Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla

27 de febrero de 2020

A las 12:30 horas

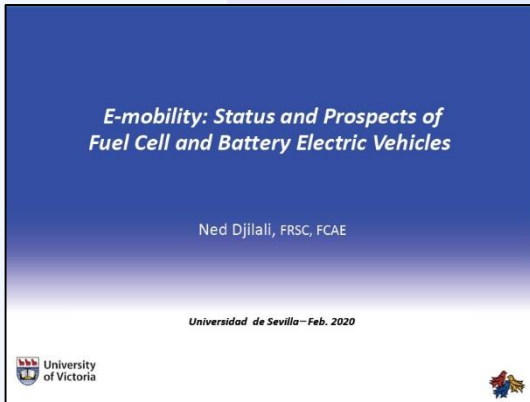
Salón de Grados
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería
 Universidad de Sevilla

www.uvic.ca/estp

Departamento de Ingeniería Eléctrica
 Escuela Técnica Superior de Ingeniería
 Camino de los Descubrimientos s/n
 41092 Sevilla (España)

<http://departamento.us.es/electrica/eventos/>

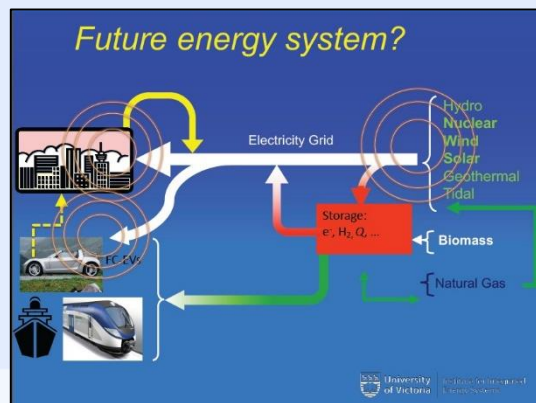
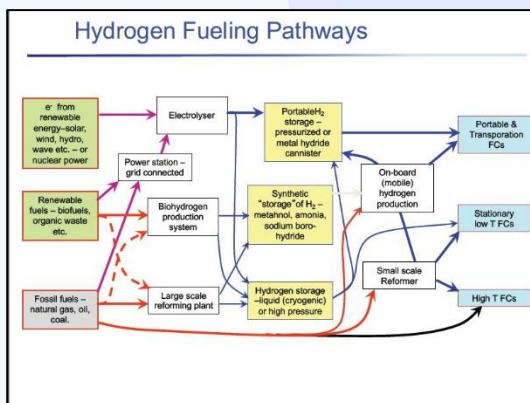
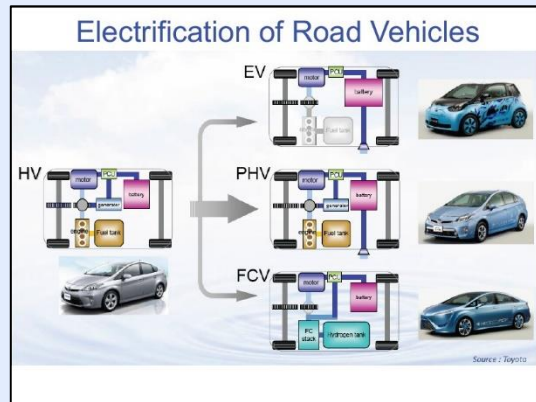
El pasado 27 de febrero de 2020 el **Professor Ned Djilali** del Institute for Integrated Energy Systems de la Unviersity of Victoria (Canada) impartió el Seminario titulado “E-mobility: Status and Propects of Fuel Cell and Battery Electric Vehicles”.



E-mobility: Status and Prospects of Fuel Cell and Battery Electric Vehicles

Ned Djilali, FRSC, FCAE

Universidad de Sevilla – Feb. 2020



“E-mobility: Status and Prospects of Fuel Cell and Battery Electric Vehicles”

Fotografías del evento:



En la foto de izquierda a derecha:

- **Dra. Esther Romero Ramos**, Directora del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Sevilla.
- **Dr. Antonio Gómez Expósito**, Director de la Cátedra Endesa de la Universidad de Sevilla.
- **Professor Ned Djilali** del Institute for Integrated Energy Systems de la Unviersity of Victoria (Canada).
- **Dr. José María Maza Ortega**, Coordinador del Programa de Doctorado Interuniversitario en Sistemas de Energía Eléctrica.



Seminarios Docentes Recibidos

Professor Pano Kotsampopoulos

- “Real Time Simulation: Key Features, Applications and Interfacing Issues”
- “Voltage Control in Distribution Networks, Microgrids and Islanded Systems”
- “New Trends in Power Systems Education: HILL simulation, Remote/virtual Labs, Interactive Notebooks and Advanced Educational Methods”

4 al 6/11/2020

[Sin título] **UNIVERSIDAD DE SEVILLA**

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Máster en “Sistemas de Energía Eléctrica”
y Máster en “Ingeniería Industrial”

Doctorado Interuniversitario en “Sistemas de Energía Eléctrica”

WEBINARS

Dr. Panos Kotsampopoulos

National Technical University of Athens (NTUA)

1) 4/11/2020, 12:00-14:00, Real time simulation: key features, applications and interfacing issues.

2) 5/11/2020, 12:00-14:00, Voltage control in distribution networks, microgrids and islanded system.

3) 6/11/2020, 10:00-12:00, New trends in power system education: HIL simulation, remote/virtual labs, interactive notebooks and advanced educational methods.

<http://departamento.us.es/ielectrica/ eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
 Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El **Dr. Panos Kotsampopoulos**, de la National Technical University of Athens (NTUA), impartió tres Webinars los días 4, 5 y 6 de noviembre de 2020.

El primero ellos llevó por título **“Real Time Simulation: Key Features, Applications and Interfacing Issues”**.

Session 1A: Real time simulation: key features and applications

Panos Kotsampopoulos, Dimitrios Lagos, Athanasios Vassilakis, Iasonas Kouveliotis-Lysikatos, Nikos Hatzigiargyriou,

Smart Grids Research Unit - Smart RUE
 School of Electrical and Computer Engineering
 National Technical University of Athens
 Athens, Greece

Online Seminars for the University of Sevilla, November 2020

CHIL testing of power electronic converter controllers

- Rapid prototyping (before the full hardware deployment); e.g. tuning of the hardware controller is possible in realistic and safe conditions.
- Reduced development cost
- CHIL has been adopted by industry:
 - CHIL testing of control and protection units of HVDC systems and FACTS
 - Testing of “Replica” HVDC systems
- Standardization efforts: pre-certify inverter’s compliance for various international standards

T. Tziou, H. Schuldt, “Offline Testing at Siemens AG HVDC”, RTDS European Users Group Meeting, Lyngby, Denmark, 2014

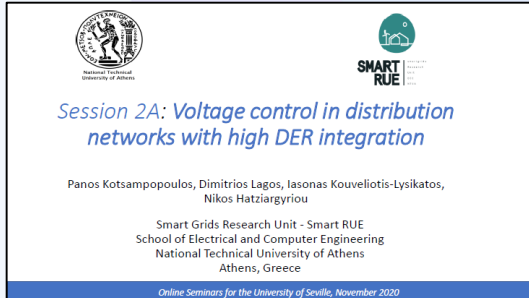
Estimating the stability of PHIL simulation

- Nyquist criterion: easy to implement on software
- Open-Loop Transfer Function: $G_{OL}(s) = \frac{Z_{gr}(s)}{Z_{br}(s)} e^{-Ts} \Rightarrow G_{OL}(s) = \frac{Z_{gr}(s)}{Z_{br}(s)} e^{-Ts}$
- Simple case (only resistors): $G_{OL}(s) = \frac{R_{gr}(s)}{R_{br}(s)} e^{-Ts}$
- Simulation is stable if $R_{OL} < R_{HW}$
 Point (-1,0) isn't encircled.

Conclusions

- Active distribution networks require advanced testing and simulation methods
- CHIL simulation is well established; already adopted by industry. Interfacing is quite simple
- PHIL simulation is a newer and more complex method: Stability and accuracy issues
- Methods to estimate stability and accuracy were presented
- Methods to achieve stability and accuracy were described
- Protection issues were addressed
- HIL simulation is/must/will be considered for future standardized testing

El segundo Webinar llevó por título “Voltage Control in Distribution Networks with High DER Integration”.

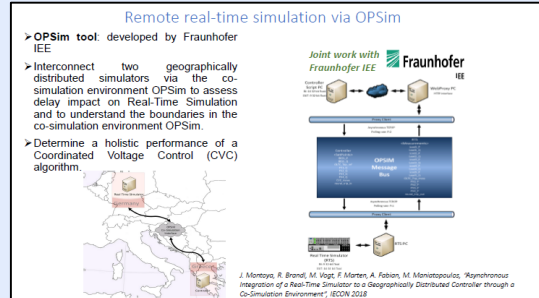


Session 2A: Voltage control in distribution networks with high DER integration

Panos Kotsampopoulos, Dimitrios Lagos, Iasonas Kouveliotis-Lysikatos, Nikos Hatzigiorgiou

Smart Grids Research Unit - Smart RUE
School of Electrical and Computer Engineering
National Technical University of Athens
Athens, Greece

Online Seminars for the University of Sevilla, November 2020



Remote real-time simulation via OPSim

- OPSim tool: developed by Fraunhofer IEE
- Interconnect two geographically distributed simulators via the co-simulation environment OPSim to assess delay impact on Real-Time Simulation and to understand the boundaries in the co-simulation environment OPSim.
- Determine a holistic performance of a Coordinated Voltage Control (CVC) algorithm.

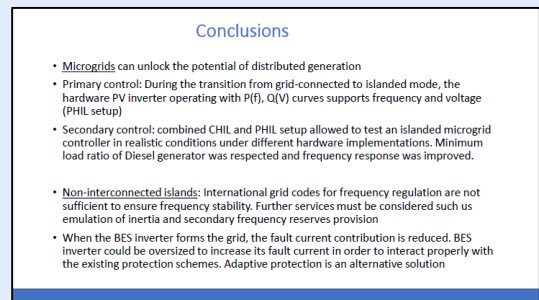
Joint work with Fraunhofer IEE

J. Morayss, A. Brandt, M. Vogt, F. Marren, A. Fabian, M. Maniatisopoulos, "Asynchronous integration of a Real-Time Simulator to a Geographically Distributed Controller through a Co-Simulation Environment", IEEECON 2018



Hybrid PV/Wind Microgrids for Rural Community Energy Projects: Case Studies in Ethiopia and Nepal

- Rural Electrification Research Group (RuRerg) of Smart RUE NTUA
- Local Manufacturing of Small Wind Turbines for Hybrid Microgrids
- 2 small microgrids in Ethiopia
- 1 small microgrid in Nepal
- Local manufacturing of the Small Wind Turbine in University or technical school



Conclusions

- Microgrids can unlock the potential of distributed generation
- Primary control: During the transition from grid-connected to islanded mode, the hardware PV inverter operating with P(f), Q(V) curves supports frequency and voltage (PHIL setup)
- Secondary control: combined CHIL and PHIL setup allowed to test an islanded microgrid controller in realistic conditions under different hardware implementations. Minimum load ratio of Diesel generator was respected and frequency response was improved.
- Non-interconnected islands: International grid codes for frequency regulation are not sufficient to ensure frequency stability. Further services must be considered such as emulation of inertia and secondary frequency reserves provision
- When the BES inverter forms the grid, the fault current contribution is reduced. BES inverter could be oversized to increase its fault current in order to interact properly with the existing protection schemes. Adaptive protection is an alternative solution

Y el último llevó por título “New Trends in Power Systems Education: HIL, Simulation, Remote/virtual Labs, Interactive Notebooks and Advanced Educational Methods”.

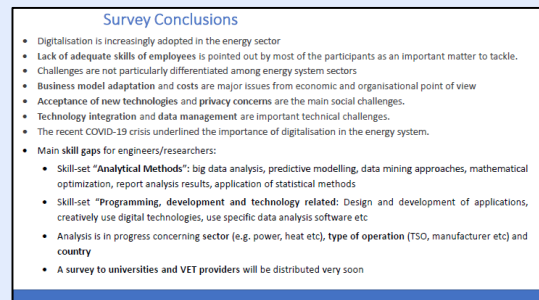


Session 3: New trends in power system education

Panos Kotsampopoulos, Alexandros Chronis, Maria Valliou, Orestis Andreadis, Andriana Dimitriou, Nikos Hatzigiorgiou

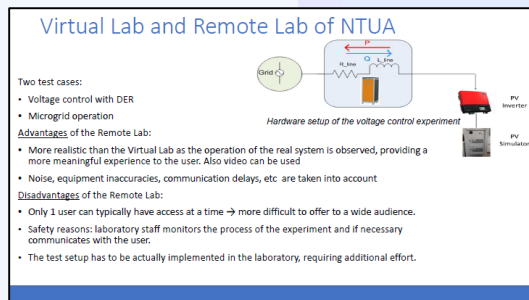
Smart Grids Research Unit - Smart RUE
School of Electrical and Computer Engineering
National Technical University of Athens
Athens, Greece

Online Seminars for the University of Sevilla, November 2020



Survey Conclusions

- Digitalisation is increasingly adopted in the energy sector
- Lack of adequate skills of employees is pointed out by most of the participants as an important matter to tackle.
- Challenges are not particularly differentiated among energy system sectors
- Business model adaptation and costs are major issues from economic and organisational point of view
- Acceptance of new technologies and privacy concerns are the main social challenges.
- Technology integration and data management are important technical challenges.
- The recent COVID-19 crisis underlined the importance of digitalisation in the energy system.
- Main skill gaps for engineers/researchers:
 - Skill-set "Analytical Methods": big data analysis, predictive modelling, data mining approaches, mathematical optimization, report analysis results, application of statistical methods
 - Skill-set "Programming, development and technology related": Design and development of applications, creatively use digital technologies, use specific data analysis software etc
 - Analysis is in progress concerning sector (e.g. power, heat etc), type of operation (TSO, manufacturer etc) and country
- A survey to universities and VET providers will be distributed very soon



Virtual Lab and Remote Lab of NTUA

Two test cases:

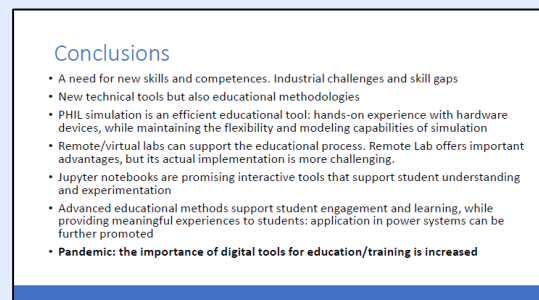
- Voltage control with DER
- Microgrid operation

Advantages of the Remote Lab:

- More realistic than the Virtual Lab as the operation of the real system is observed, providing a more meaningful experience to the user. Also video can be used
- Noise, equipment inaccuracies, communication delays, etc. are taken into account

Disadvantages of the Remote Lab:

- Only 1 user can typically have access at a time → more difficult to offer to a wide audience.
- Safety reasons: laboratory staff monitors the process of the experiment and if necessary communicates with the user.
- The test setup has to be actually implemented in the laboratory, requiring additional effort.



Conclusions

- A need for new skills and competences. Industrial challenges and skill gaps
- New technical tools but also educational methodologies
- PHIL simulation is an efficient educational tool: hands-on experience with hardware devices, while maintaining the flexibility and modeling capabilities of simulation
- Remote/virtual labs can support the educational process. Remote Lab offers important advantages, but its actual implementation is more challenging.
- Jupyter notebooks are promising interactive tools that support student understanding and experimentation
- Advanced educational methods support student engagement and learning, while providing meaningful experiences to students: application in power systems can be further promoted
- Pandemic: the importance of digital tools for education/training is increased**

Seminarios Docentes Recibidos

Dr. Rafael Sánchez Durán
“Contruyendo el Futuro Energético a través de
Sandboxes”

10/12/2020

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

Apertura de Curso Académico de Doctorado

Dr. Rafael Sánchez Durán
Director general de Endesa en Andalucía y Extremadura

Construyendo el futuro energético a través de *sandboxes*

Jueves 10 de diciembre de 2020 a las 12:00 horas

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA
Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía.
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio
de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El pasado 10 de diciembre de 2020 tuvo lugar la apertura del curso académico 2020/2021 del Programa de Doctorado interuniversitario en “Sistemas de Energía Eléctrica” que corrió a cargo del **Dr. Rafael Sánchez Durán**, Director General de Endesa en Andalucía y Extremadura.

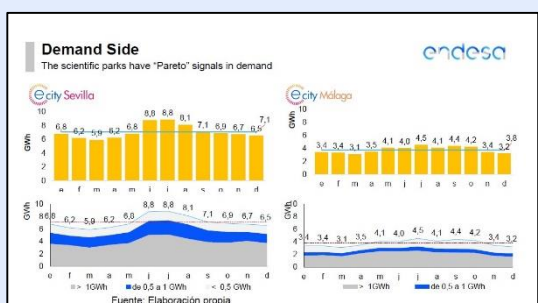
Construyendo el futuro energético a través de “sandboxes”

12/12/2020 Dr. Rafael Sánchez Durán
Director general de Endesa en Andalucía y Extremadura



Public-private partnership

Signed by the 3 main political parties and the adhesion of 50 entities



Seminarios Docentes Recibidos

Dr. Pablo Arboleya Arboleya
“Modelado y Simulación de Redes de Tracción
Ferroviaria en DC – Reversibilidad en
Subestaciones Acumulación”

14/12/2020

“Modelado y Simulación de Redes de Tracción Ferroviaria en DC – Reversibilidad en Subestaciones y Acumulación”

Departamento de Ingeniería Eléctrica
E.T.S. Ingeniería - Universidad de Sevilla

Doctorado Interuniversitario Sistemas de Energía Eléctrica

WEBINAR

Dr. Pablo Arboleya Arboleya

Profesor de la Universidad de Oviedo

Modelado y Simulación de Redes de Tracción Ferroviaria en DC - Reversibilidad en Subestaciones y Acumulación

Lunes 14 de diciembre de 2020 a las 12:00 horas

<http://departamento.us.es/ielectrica/eventos/>

PROGRAMA IBEROAMERICANO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA PARA EL DESARROLLO

Asociación de Investigación y Cooperación Industrial de Andalucía
Centro de Excelencia Cervera, otorgado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y del CDTI, bajo el expediente CER20191019.

El **Dr. Pablo Arboleya Arboleya**, profesor de la Universidad de Oviedo, impartió el pasado 14 de diciembre de 2020 el Webinar titulado “Modelado y Simulación de Redes de Tracción Ferroviaria en DC – Reversibilidad en Subestaciones y Acumulación”.

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

Universidad de Oviedo
University of Oviedo

Modelado y Simulación de Redes de Tracción Ferroviaria en DC - Reversibilidad en Subestaciones y Acumulación

Lecturer: Pablo Arboleya Arboleya
<https://lemur.uniovi.es/lemur/team/pablo-arboleya/>

On board accumulation systems – Kaohsiung example

- 100% Catenary free
- 5 module version (tare 49 tones, max. mass 69 tones)
- 48 seats, 228 people.
- 750V, 400kW rated power (800kW max)
- Total energy ultracapacitors (7stacks): 4.1kWh (5.2kWh/train)
- Total energy ultracapacitors (7stacks): 15kWh (30kWh/train)

Actions in abnormal conditions:

- Preventive actions: do not modify the train performance
 - Reduce the braking 50%.
 - Increase the braking during the acceleration.
 - Activate the third coasting mode.
- Corrective actions: 2 kind, they do affect the train performance.
 - Increase train performance gradually.
 - Back up mode (speed limited to 5km/h)

Train in braking mode – accumulator charging

Assuming $V_{cat} = 870V$ and $SOC = 50\%$

$SOC < 50\% \rightarrow P1 = P_{max} = 300kW \rightarrow P_{acc_available} = P_{max}/Eff = 333kW$

$P_{acc} = \min(P_{acc_available}, P_{train}) = \min(333, 333) = 333kW$

$P_{cat} = \min(P_{train} - P_{acc}, P_{cat}) = \min(252, 351) = 252kW$

$P_{rhe} = P_{train} - P_{acc} - P_{cat} = 585 - 333 - 252 = 0kW$

Jump to the real simulator

- It is necessary to have a very fast and accurate tool in order to evaluate the effect of the trains and accumulation and other infrastructure devices set-up over the whole system.
- Lets evaluate the Railneos 2.0 simulator developed by the LEMUR research group from the University of Oviedo for CAF Group.

Seminarios Docentes Impartidos

El Director de la Cátedra Endesa Red de La Universidad de Sevilla impartió los siguientes seminarios:

- ❑ El Almacenamiento de Energía en los Sistemas Eléctricos: Tecnologías, Aplicaciones y Tendencias Actuales.
- ❑ Definition and Classification of DSE, Observability, Implementations, Robustness.
- ❑ Spain's Transition to Renewables: From the Lost to the Solar Decade.
- ❑ Primer Ciclo de Charlas. Conferencistas Distinguidos SERC.

Seminarios Docentes Impartidos

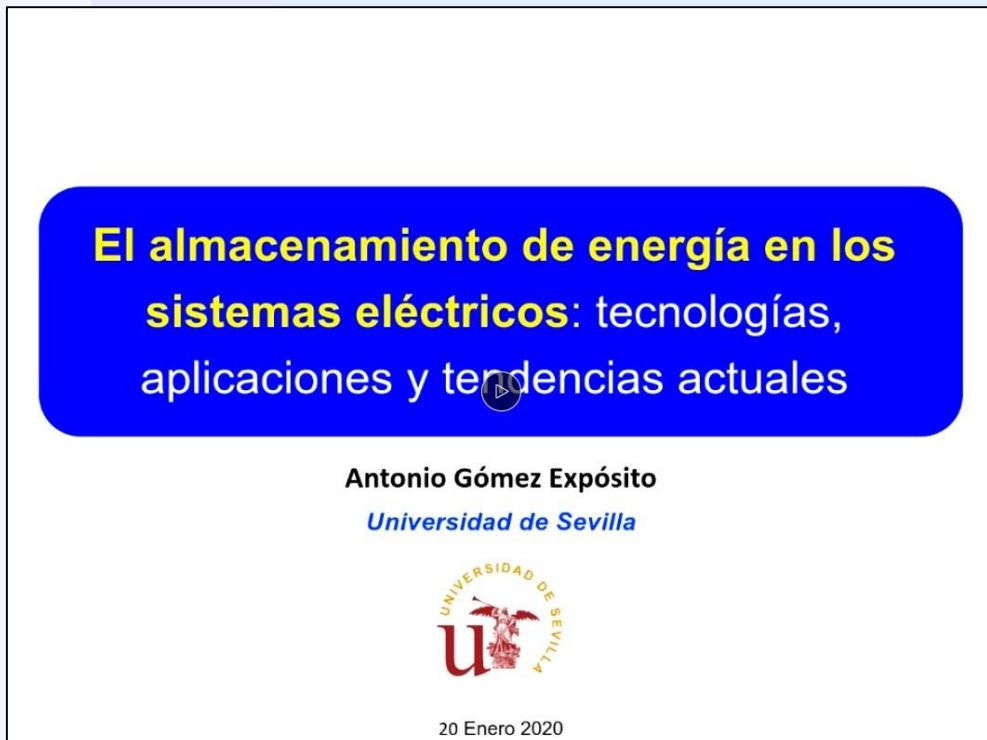
Dr. Antonio Gómez Expósito
“El Almacenamiento de Energía en los Sistemas
Eléctricos: Tecnologías, Aplicaciones y
Tendencias Actuales”. Chile

07/04/2020

“El Almacenamiento de Energía en los Sistemas Eléctricos: Tecnologías, Aplicaciones y Tendencias Actuales”

El **Dr. Antonio Gómez Expósito**, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla impartió on-line la Conferencia titulada “El Almacenamiento de Energía en lo Sistemas Eléctricos: Tecnologías, Aplicaciones y Tendencias Actuales”. **Chile.**

Video de la presentación:



<https://eu-lti.bbcollab.com/recording/08a32088d93841fe936b761852af53fb>

Seminarios Docentes Impartidos

Dr. Antonio Gómez Expósito

“Definition and Classification of DSE,
Observability, Implementations, Robustness”

06/11/2020

IEEE PES Webinar

IEEE PES TASK FORCE ON POWER SYSTEM DYNAMIC AND PARAMETER ESTIMATION

IEEE TRANSACTIONS ON POWER SYSTEMS

Session 1

Session 2

LIVE WEBINAR
6 November 2020 | 11:00 AM EST

LIVE WEBINAR
6 November | 12:30 PM EST

DYNAMIC STATE AND PARAMETER ESTIMATION FOR POWER SYSTEM MONITORING, MODELING AND OPERATION

DYNAMIC STATE AND PARAMETER ESTIMATION FOR POWER SYSTEM CONTROL AND PROTECTION

Presented by: Junbo Zhao, Zhenyu Huang, Antonio Gomez-Exposito, Shaobu Wang, Innocent Kamwa, A. P. Sakis Meliopoulos

Presented by: Junbo Zhao, Zhenyu Huang, Antonio Gomez-Exposito, Shaobu Wang, Innocent Kamwa, A. P. Sakis Meliopoulos

Thanks to the widespread deployment of phasor measurement units, the development of a fast and robust DSE becomes possible. This webinar will present a comprehensive view of the DSE, in terms of its motivations, concepts, implementation and applications. The similarities and differences between DSE and other existing estimation methods will be clarified. Furthermore, the roles of DSE for power system modeling, monitoring, operation, stability control and protection will be demonstrated.

El pasado 6 de noviembre el **Dr. Antonio Gómez Expósito**, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla, participó en el IEEE PES Webinar e impartió el Seminario titulado “Definition and Classification of DSE, Observability, Implementations, Robustness”.

Definition and Classification of DSE, Observability, Implementations, Robustness

Antonio Gómez-Expósito, Ph.D., and Junbo Zhao, Ph.D.

Professor and IEEE Fellow
Department of Electrical Engineering
Universidad de Sevilla

Assistant Professor
Department of Electrical and Computer Engineering
Mississippi State University

DSE Problem Formulation

Discrete-time, state-space model of the power system DAEs: given p & u_k

$$x_k = f(x_{k-1}, y_{k-1}) + w_k \quad \mathbb{E}[w_k w_k^T] = Q_k$$

$$z_k = h(x_k, y_k) + v_k \quad \mathbb{E}[v_k v_k^T] = R_k$$

subject to various types of constraints

Diagram showing the prediction step: $x_{k-1} \rightarrow \hat{x}_k = f(x_{k-1}, y_{k-1}) + w_k$ (State Prediction) and the filtering step: $\hat{x}_k \rightarrow x_k = h(x_k, y_k) + v_k$ (State correction).

Tracking State Estimation (TSE)

- Assumption: transition matrix A_k is identity matrix and ξ_{k-1} is negligible (random walk)

$$y_k = y_{k-1} + w_k$$

$$z_k = h(y_k) + v_k$$

- Remarks
 - Challenging to model w_k as its statistics are typically unknown and time-varying
 - Integration of high penetration of DERs and demand response program makes it even harder to adopt TSE for practical system applications

Static State Estimation vs DSE

<ul style="list-style-type: none"> Power Flow Optimal Load Flow Load Forecasting 	<ul style="list-style-type: none"> Contingency Analysis Static Voltage Stability DSA-Steady State Initial Condition 	<ul style="list-style-type: none"> Static State Estimation 	<ul style="list-style-type: none"> Dynamic State Estimation 	<ul style="list-style-type: none"> Dynamic States Anomaly Detection Unknown Inputs DSA-Steady State & Dynamic Conditions Stability & Control Protection
<ul style="list-style-type: none"> Static Modal Topology/Parameter Error Process 	<ul style="list-style-type: none"> Filter Out Noise Bad Data Process 	<ul style="list-style-type: none"> Data & Static Model Validation 	<ul style="list-style-type: none"> Data & Dynamic Model Validation 	<ul style="list-style-type: none"> Dynamic Modal Structure/Parameter Error Process Filter Out Noise Bad Data Process

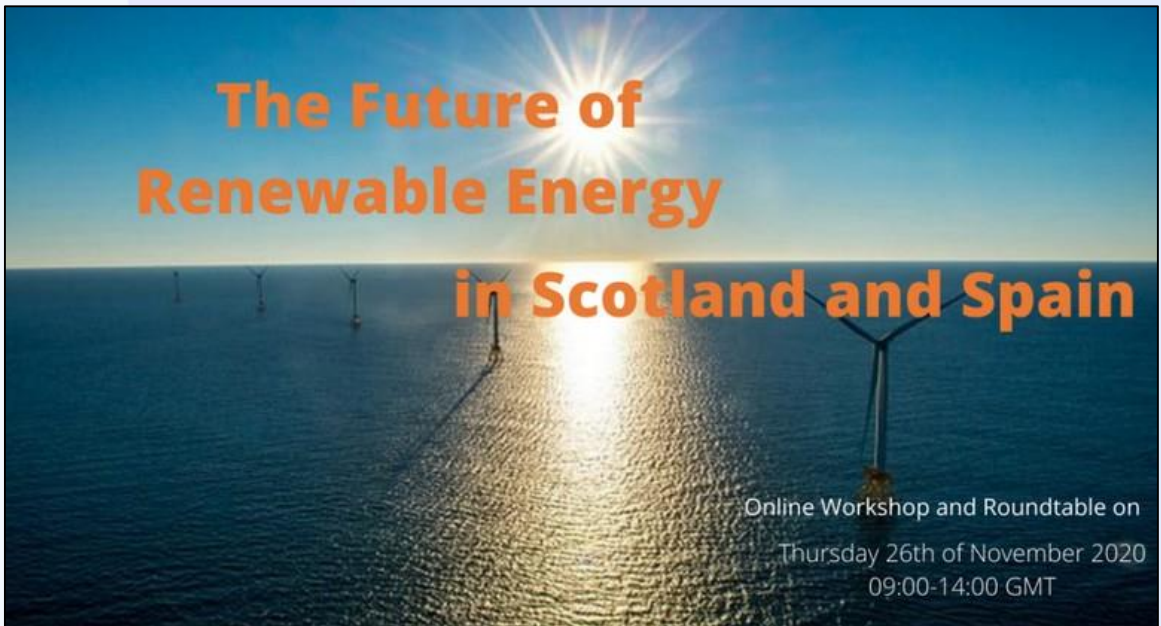
[1] J. B. Zhao, et al, "Roles of Dynamic State Estimation in Power System Modeling, Monitoring and Operation," IEEE Trans. Power Systems, 2020

Seminarios Docentes Impartidos

Dr. Antonio Gómez Expósito

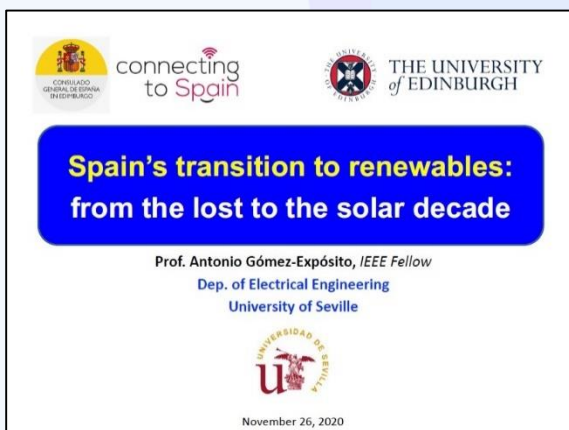
“Spain’s Transition to Renewables: From the
Lost to the Solar Decade”

26/11/2020



The University of Edinburgh School of Engineering, in collaboration with the Consulate General of Spain in Edinburgh and IREC among others institutions, are organising a workshop on the future of renewable energy research and innovation in Scotland and Spain. The objective of the workshop is to highlight the state of the art in the area of renewable energy and help identify opportunities for collaboration between the two countries. The 18 hand-picked speakers of the workshop will give an overview of the recent developments in both academic research and the industry.

El pasado 26 de noviembre el **Dr. Antonio Gómez Expósito**, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla, participó en el online Workshop and Roundtable *The Future of Renewable Energy in Scotland and Spain* e impartió el Seminario titulado “Spain’s transition to renewables: from the lost to the solar decade”.



connecting to Spain

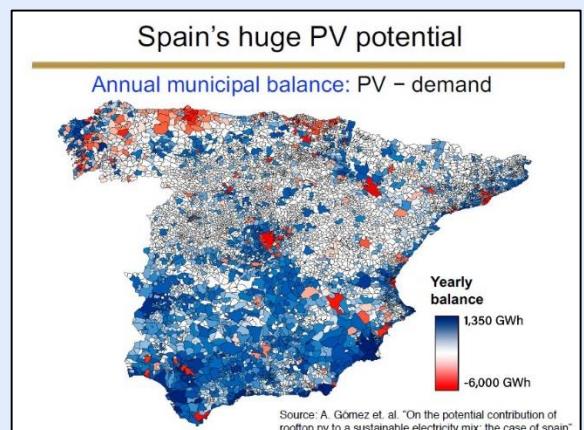
THE UNIVERSITY of EDINBURGH

Spain’s transition to renewables: from the lost to the solar decade

Prof. Antonio Gómez-Expósito, IEEE Fellow
 Dep. of Electrical Engineering
 University of Seville

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

November 26, 2020



Seminarios Docentes Impartidos

Dr. Antonio Gómez Expósito
“Towards a Fully Renewable Electricity Mix in Spain:
The Solar Decade”. SERC Chile

18/12/2020

El **Dr. Antonio Gómez Expósito**, Director de la Cátedra Endesa Red de la Universidad de Sevilla impartió on-line la Conferencia titulada “Towards a Fully renewable Electricity Mix in Spain: The Solar Decade” dentro del Primer Ciclo de Charlas de Conferencistas Distinguidos SERC de Chile.



SERC CHILE
SOLAR ENERGY RESEARCH CENTER

**Primer Ciclo de Charlas
Conferencistas Distinguidos SERC**

Antonio Gómez Expósito
Profesor

Director de la Cátedra Endesa RED, en la Universidad de Sevilla, España. Consejero de REE

Towards a fully renewable electricity mix in Spain: the solar decade

18 de diciembre 15:00 – 16:15

<https://zoom.us/j/98075456270>

Organiza: CENTRO DE ENERGÍA, UA, etc. Instituciones SERC Chile. Patrocinan: Fraunhofer CHILE, IEEE Chile Centro Section.

Video de la presentación:



SERC CHILE
SOLAR ENERGY RESEARCH CENTER

Towards fully renewable electricity mix in Spain: the solar decade

Prof. Antonio Gómez-Expósito, IEEE Fellow
Dep. of Electrical Engineering
University of Sevilla

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

December 18, 2020

0:04 / 1:19:08

https://www.youtube.com/watch?v=szwf0MIgn_4&feature=youtu.be

Premio Trabajo Fin de Grado 2020

D^a. Ana Sánchez Márquez

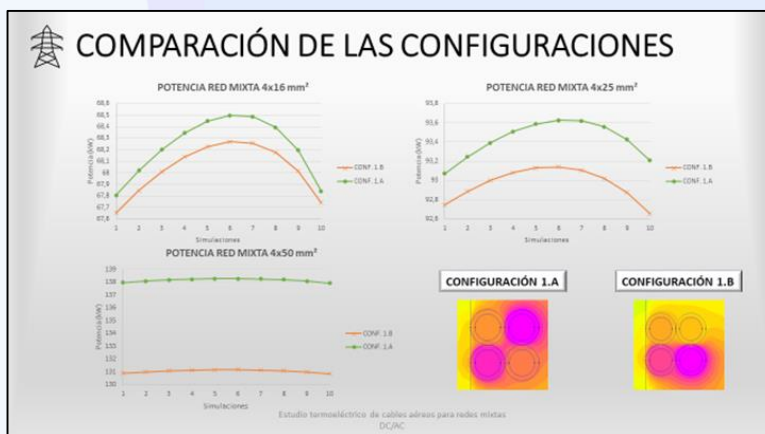
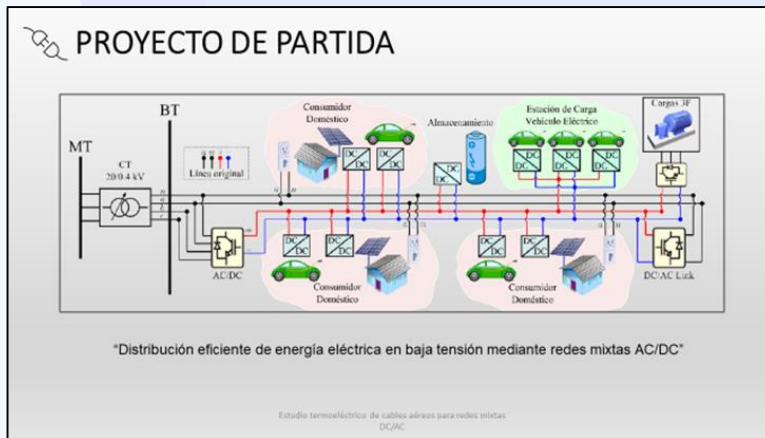
Título Trabajo Fin de Grado: Estudio Termoeléctrico
de Cables Aéreos para Redes Híbridas DC/AC.

Tutores: Dr. Manuel Barragán Villarejo y
D. Andrei Mihai Gross Muresan

“Estudio Termoeléctrico de Cables Aéreos para Redes Híbridas DC/AC”

El crecimiento de la población mundial y el desarrollo tecnológico, así como la preocupación por el cambio climático, están cambiando la manera en que se genera y consume la energía. En el ámbito urbano, están comenzando a adquirir importancia la movilidad eléctrica y los sistemas de autoconsumo conectados a red principalmente mediante energía fotovoltaica. Ambas tecnologías tienen en común el empleo de la corriente continua, bien a la hora de generar como es el caso de la energía fotovoltaica (FV) o de consumir para realizar la carga de la batería en el del vehículo eléctrico (VE). Adicionalmente, en sistemas aislados o microgrids tendrán especial relevancia los sistemas de almacenamiento de energía que garantizan una operación segura y robusta del sistema. Ante este nuevo escenario, cabe preguntarse si no habría una manera más eficaz de configurar las actuales redes de distribución de baja tensión adaptándolas a estos nuevos activos presentes en las redes.

En este trabajo se realiza el estudio termoeléctrico de una red aérea híbrida posada sobre fachada con el objetivo de valorar el incremento de potencia que se produciría con respecto a una distribución exclusiva en alterna. Para ello, se utilizará un algoritmo que en función de la corriente que circule por los conductores, continua o alterna, y la disposición de los cables, proporcione la temperatura alcanzada respetando el criterio térmico. El algoritmo se basa en un software de elementos finitos FEMM gestionado mediante una interfaz realizada en Matlab. Este análisis proporcionará cuanta corriente de cada tipo ha de circular por el cable para obtener la máxima transferencia de potencia posible en cada una de las configuraciones propuestas.



“Estudio Termoeléctrico de Cables Aéreos para Redes Híbridas DC/AC”

Fotografías del evento:



La premiada D^a Ana Sánchez Márquez junto a **D. Rafael Sánchez Durán**, Director General de Endesa en Andalucía y Extremadura.



Premio Trabajo Fin de Máster 2020

D. José Manuel Ruiz Oltra

Título Trabajo Fin de Máster: Análisis de la Viabilidad Técnica y Económica de Tecnologías de Almacenamiento en la Sustitución de Grupos Diésel y Emergencia.

Tutores: Dra. Catalina Gómez Quiles y
Dr. José María Maza Ortega

“Análisis de la Viabilidad Técnica y Económica de Tecnologías de Almacenamiento en la Sustitución de Grupos Diésel y Emergencia”

En la actualidad, con el cambio de paradigma en la gestión de las redes eléctricas y el reto que se presenta con una mayor penetración de fuentes renovables en los sistemas eléctricos, el almacenamiento eléctrico y su capacidad para aumentar la gestionabilidad se presenta como un activo que cada vez cobra una mayor importancia. En este escenario, en multitud de sistemas eléctricos (incluido España), se están implementando objetivos muy ambiciosos de tener un alto porcentaje de capacidad de almacenamiento instalado en los próximos años.

Estas tecnologías presentan multitud de ventajas, entre las cuales destacan su capacidad para la gestión de la generación renovable, así como su flexibilidad en la controlabilidad debido a la electrónica de potencia que incorporan. No obstante, uno de sus principales inconvenientes es el coste que una inversión que almacenamiento eléctrico requiere, aunque este coste se ha abaratado considerablemente en los últimos años con la tecnología de ion-litio, y todas las proyecciones económicas vaticinan un continuo decrecimiento del coste del almacenamiento eléctrico durante los próximos años.

Una de las múltiples aplicaciones del almacenamiento eléctrico es la sustitución de equipos diésel, con el objetivo principal de la reducción del consumo de un combustible fósil, disminución de emisiones y la mejora de la operabilidad y controlabilidad del sistema eléctrico en el que dicho equipo esté instalado.

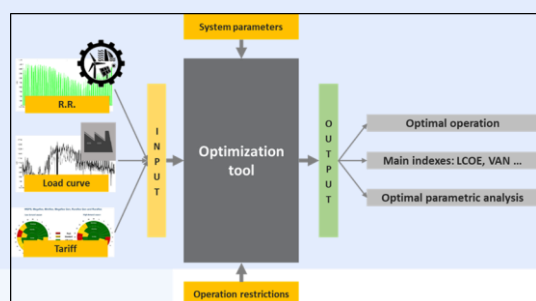
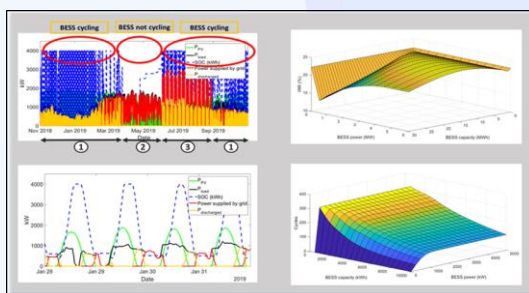
Por todo ello, a la hora de realizar esta sustitución, nos preguntamos ¿es realmente viable esta operación, tanto técnica como económicamente? La respuesta es sencilla, depende. Son muchos los factores que intervienen en este análisis de viabilidad, ya no solo técnicos (degradación de las baterías, operación, tecnología de almacenamiento, etc) sino también legislativos, así como el mercado eléctrico o el precio del combustible y, sobre todo, las características o particularidades de cada aplicación o su conexión o no a la red eléctrica.

En este sentido, en este proyecto, se presenta el desarrollo de una herramienta basada en la resolución de un problema de optimización lineal, en la que se analiza cual es el dimensionamiento óptimo de un sistema de almacenamiento para conseguir su viabilidad técnica, así como analizar su viabilidad económica con sus respectivos índices que la definen (como el VAN, IRR, Payback o LCOE).

Se ha desarrollado una herramienta totalmente configurable, preparada para simular distintos escenarios del sistema eléctrico, como por ejemplo un parque de generación renovable en el que se instale almacenamiento, una aplicación industrial, así como aplicaciones off-grid en las que el suministro depende de fuentes renovables y/o diésel. Además, el formato de entrada a esta herramienta incluye factores como la demanda o generación renovable, tarificación eléctrica o degradación de baterías, información sobre los distintos componentes que intervengan en el sistema eléctrico (como transformadores, inversores, etc), entre otros muchos datos.

Finalmente, el resultado es una representación gráfica de dicho análisis paramétrico, así como histogramas e índices con los que gracias a ellos se puede determinar la viabilidad técnica y económica del uso de almacenamiento eléctrico, y en concreto para este proyecto, en la sustitución de equipos diésel.

No podría finalizar este resumen sin citar y agradecer de corazón a Hybrid Energy Storage Solutions (HESStec), compañía para la que trabajo y que sin su conocimiento, experiencia y aprendizaje que he ido adquiriendo (y sig), no podría haber desarrollado este trabajo.



“Análisis de la Viabilidad Técnica y Económica de Tecnologías de Almacenamiento en la Sustitución de Grupos Diésel y Emergencia”

Fotografías del evento:



El premiado D. José Manuel Ruiz Oltra junto a D. Rafael Sánchez Durán, Director General de Endesa en Andalucía y Extremadura.



Tesis Doctorales

- Dr. Rafael Sánchez Durán
- Dra. Madalina Buzau
- Dr. Manuel Rodríguez Montañés

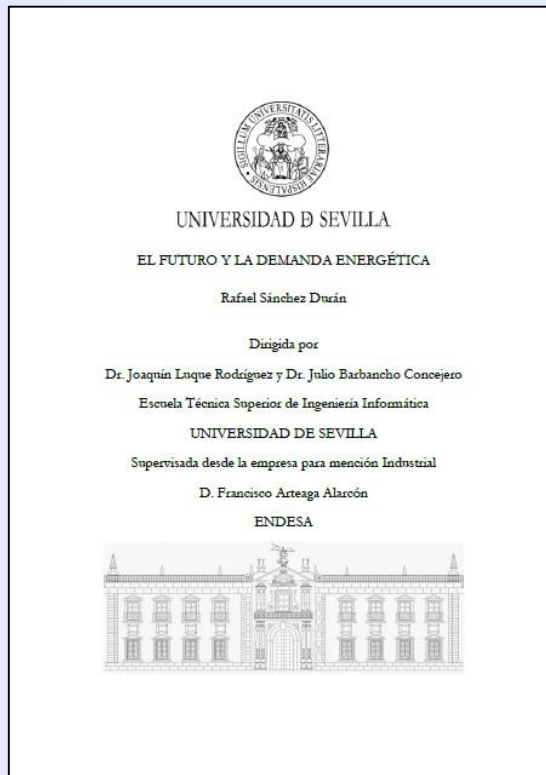
Tesis Doctorales

Dr. Rafael Sánchez Durán

Título Tesis: “El Futuro y la Demanda
Energética”

Directores: Dr. Joaquín Luque Rodríguez y
Dr. Julio Barbancho Concejero

14/02/2020



Primera tesis doctoral con mención Industrial en Ingeniería Informática

El desarrollo de la investigación, presentada por D. Rafael Sánchez Durán, tendrá su desarrollo Industrial en la Isla de la Cartuja, que se convertirá en un referente de sostenibilidad a nivel internacional y un modelo de transición energética de las ciudades en 2025.

Ha sido defendida en la Universidad de Sevilla la primera tesis doctoral con mención Industrial en Ingeniería Informática, defendida por D. Rafael Sánchez Durán, Director General de Endesa en Andalucía y Extremadura. El estudio se desarrolla en torno a la evolución de la demanda de energía y su visión futura de abastecimiento en las ciudades, que tendrá su ejecución práctica en un proyecto para hacer de la Isla de la Cartuja un referente internacional en transición energética.

Este estudio, presentado dentro del programa de doctorado de Ingeniería Informática de la Universidad de Sevilla, ha estado dirigido por los doctores Joaquín Luque y Julio Barbancho, tutorizado por el Dr. Alejandro Carrasco y supervisado para mención Industrial por el D. Francisco Arteaga Alarcón, ex-director general de Endesa Andalucía y Extremadura.

En su trabajo, reconocido con mención Cum Laude, D. Rafael Sánchez Durán realiza un análisis en profundidad de la demanda de energía futura desde diferentes puntos de vista: la necesidad creciente de recursos energéticos que acompaña al crecimiento poblacional y económico; la planificación de la demanda como medio para poder anticipar una transición energética sostenible; y la comprensión de los factores que influyen en el consumo energético (económicos, climatológicos, subsectores finales y eficiencia energética).

El tratamiento de los datos se ha realizado mediante técnicas de “Energy Forecasting” que han permitido realizar una predicción de la demanda energética a nivel agregado, en su relación entre economía y población, y a la vez desagregado por sectores de consumo final (industrial, transporte, residencial y servicios). Estos resultados han permitido acercar las conclusiones de predicción agregada a ámbitos de gestión concretos, como las ciudades, y ofrecer así un desarrollo industrial con impacto real en nuestro entorno más cercano (Isla de la Cartuja), lo que permite poder afrontar el camino a la sostenibilidad desde el ámbito local.

Propuesta Industrial

La tesis doctoral presentada por D. Rafael Sánchez Durán en el mes de febrero de 2020, antes del confinamiento por el COVID-19, va acompañada de una propuesta Industrial que, por primera vez en el ámbito de la Universidad de Sevilla, tendrá su desarrollo real en la ciudad hispalense.

La propuesta busca anticipar los retos que deberán afrontar las ciudades del futuro y hacerlo 25 años antes de lo que espera la Unión Europea, mediante un proyecto pionero en el que convergen los sectores de energía, transporte y edificación, apoyados por el sector de las telecomunicaciones, convirtiendo así a la isla en un referente de sostenibilidad a nivel internacional y en un modelo de transición energética de las ciudades.

El objetivo central es asegurar la calidad de suministro eléctrico actual en la isla a precios asequibles y competitivos obteniendo un parque eficiente y 100% renovable mediante una alianza público-privada, en la que participará Endesa, y que se articulará mediante la fórmula de ecosistema de innovación abierta, todo ello en el corto plazo de cinco años.



Dr. Rafael Sánchez Durán el día de la lectura de la Tesis, en febrero 2020

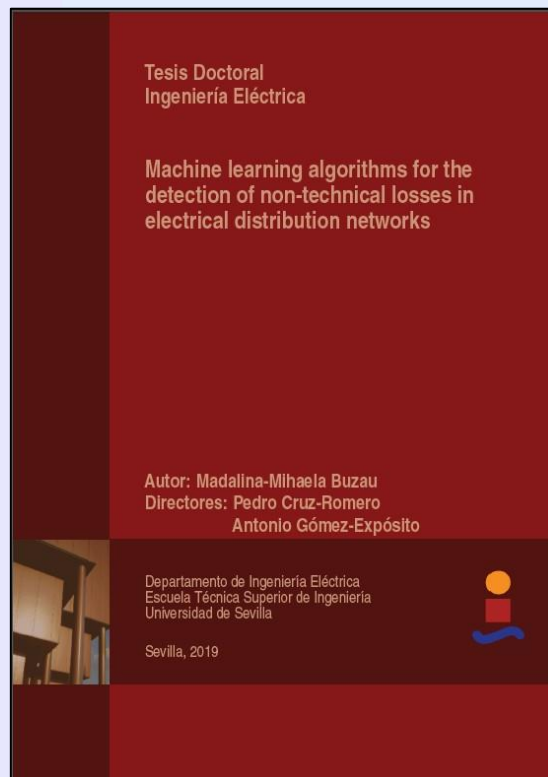
Tesis Doctorales

Dra. Madalina Mihaela Buzau

Título Tesis: “Machine Learnig Algorithms for the Detection of non-Technical Losses in Electrical Distribution Networks”.

Tutores: Dr. Pedro Luis Cruz Romero y
Dr. Antonio Gómez Expósito

26/06/2020



El pasado 26 de junio de 2020 la doctoranda **Madalina-Mihaela Buzau** obtuvo el título de Doctora por las Universidades de Sevilla, Málaga, Politécnica de Cataluña y País Vasco, con una calificación de Sobresaliente “Cum Laude”, al haber defendido públicamente su tesis doctoral titulada “*Machine Learning algorithms for the Detection of Non-technical Losses in Electrical Distribution Networks*”. La dirección de esta tesis fue realizada bajo la dirección del Dr. Pedro Luis Cruz Romero y del Dr. Antonio Gómez Expósito.

Resumen:

Esta tesis ha explorado las capacidades de los algoritmos de aprendizaje automático para, a partir de los datos de los contadores inteligentes, la detección de pérdidas no técnicas (NTL) en las redes eléctricas de distribución en baja tensión. Para ello se han desarrollado dos metodologías principales para la detección de NTL. La primera se basó en la ingeniería de selección manual de características (features), mientras que la segunda se basó en un modelo simple end-to-end que utilizó como entrada únicamente los datos en bruto. Ambas metodologías se han desarrollado y probado en conjuntos de datos reales donde existían pérdidas no técnicas, pertenecientes a una empresa eléctrica española. Los datos provienen de mediciones de contadores inteligentes, así como de bases de datos auxiliares que contenían información de los medidores, como por ejemplo su ubicación. Además de probar el rendimiento de estos modelos en inspecciones de campo previas, también se han implementado en dos campañas de pérdidas no técnicas en la misma empresa eléctrica. La primera metodología permitió obtener una precisión de aproximadamente el 21 % para nuevas inspecciones de campo realizadas en industrias y grandes clientes comerciales, mientras que con la segunda metodología se obtuvo una precisión del 47 % en clientes residenciales y pequeño comercio.

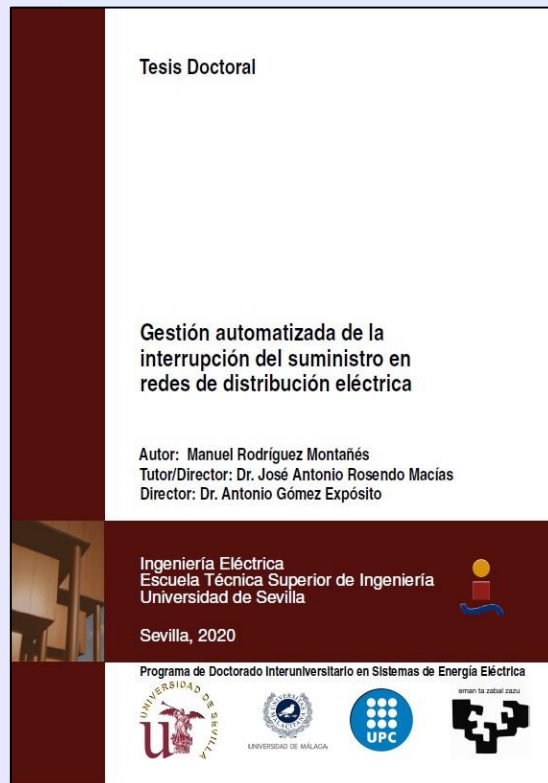
Tesis Doctorales

Dr. Manuel Rodríguez Montañés

Título Tesis: “Gestión Automatizada de la Interrupción del Suministro en Redes de Distribución Eléctrica”.

Tutores: Dr. José Antonio Rosendo Macías y
Dr. Antonio Gómez Expósito

15/12/2020



El pasado 15 de diciembre de 2020 el doctorando **Manuel Rodríguez Montañés** obtuvo el título de Doctor por las Universidades de Sevilla, Málaga, Politécnica de Cataluña y País Vasco, con una calificación de Sobresaliente “Cum Laude”, al haber defendido públicamente su tesis doctoral titulada “*Gestión Automatizada de la Interrupción del Suministro en Redes de Distribución Eléctrica*”. La dirección de esta tesis fue realizada bajo la dirección del Dr. José Antonio Rosendo Macías y del Dr. Antonio Gómez Expósito.

Resumen:

Cualquier interrupción del suministro eléctrico originada por un fallo permanente en la red de distribución, debe ser detectada por el operador del sistema y gestionada diligentemente para reducir su duración tanto como sea posible.

El cumplimiento de unos niveles adecuados de continuidad del suministro normalmente reporta a las distribuidoras mayores ingresos por la realización de su actividad. Esta señal económica ha impulsado que las distribuidoras eléctricas mejoren los procedimientos de registro de sus incidencias, identificación de los procesos que la afectan e incorporen soluciones en la planificación, mantenimiento y operación de las redes.

La progresiva introducción de dispositivos que permiten detectar la existencia de un defecto y la automatización y control remoto de actuaciones, han permitido mejorar los tiempos de reacción y actuación de los procedimientos operativos en la gestión de incidentes. Adicionalmente, la reciente integración en las redes de distribución de los equipos de medida inteligentes, posibilitan la adquisición de información sobre el estado de la alimentación de los suministros de forma bidireccional. Esta creciente disponibilidad de información debe ser debidamente gestionada considerando otros factores como la variabilidad en la configuración de las redes y el estado operativo de la generación distribuida, entre otros, lo que hace necesaria la utilización de procedimientos sistemáticos para la gestión eficiente de las interrupciones.

En este trabajo se presenta una metodología que puede resultar útil al operador de la red como herramienta en tiempo real en la gestión de incidencias en redes radiales de media tensión, para reducir los tiempos de indisponibilidad del suministro.

La exposición del procedimiento metodológico, que puede ser abordado III con técnicas clásicas, como es el caso de la inspección topológica, es acompañado de un planteamiento matemático para su implementación. Se emplea información estática correspondiente a la conectividad eléctrica de un circuito eléctrico, la ubicación en él de dispositivos de protección, señalización y seccionamiento, los centros de distribución desde los que se alimenta a los suministros y la generación distribuida, así como los atributos que caracterizan cada elemento del circuito. Adicionalmente, se considera la información dinámica de la que dispone el operador en cada momento sobre los eventos que suceden en el circuito.

La metodología presentada se inicia cuando el operador de la red recibe alguna alerta de la existencia de una interrupción, que puede proceder de la señalización de dispositivos instalados en el circuito (protecciones o detectores de paso de falta) o bien ser los clientes afectados los que reclamen su interrupción. El procedimiento sistemático presentado permitirá detectar a partir de la información recibida la existencia de una interrupción, considerando la posibilidad de reconexiones automáticas cuando los dispositivos lo permitan.

En el caso de que el estado del circuito, normal o interrumpido, no pueda ser inequívocamente identificado con la información disponible, se orienta al operador de la red para realizar consultas sobre el estado de alimentación de los suministros como recurso adicional para obtener información útil. Esta información puede ser obtenida consultando directamente a los clientes o a los equipos de medida telegestionados.

Una vez se ha detectado la interrupción del suministro en un circuito, toda la información adquirida por el operador hasta el momento, recibida o requerida, puede utilizarse para reducir la sección del circuito en la que se conoce que está contenido el fallo. A partir de este momento, es de aplicación la segunda parte del procedimiento sistemático propuesto, orientado al aislamiento del fallo y la reposición del suministro.

En una primera fase del proceso de delimitación de la sección que contiene el fallo, se amplía la utilidad de las consultas sobre el estado de alimentación de los clientes para identificar el dispositivo de protección que ha actuado despejando la falta, y por tanto delimitando el alcance de la interrupción. Para conseguir el completo aislamiento de la sección de red afectada y la reposición del suministro que sea posible, se determinan una serie de actuaciones de maniobra guiadas por unas reglas heurísticas simples. Entre las alternativas planteadas, se selecciona para su realización aquella secuencia de maniobras que consigue la mayor reducción de un determinado índice que cuantifica el impacto de la interrupción, considerando conjuntamente la extensión de la interrupción y el tiempo estimado hasta la restitución del estado normal.

Al finalizar el procedimiento planteado, el circuito se encontrará reconfigurado como consecuencia de la realización de las maniobras propuestas, y el conocimiento sobre la ubicación del fallo se habrá incrementado hasta reducirlo a la sección de red que será necesario inspeccionar para localizar y posteriormente reparar el fallo.

Adicionalmente a su utilización como herramienta en tiempo real, los reducidos tiempos de computación obtenidos permiten plantear como futuras líneas de investigación su aplicación a técnicas de análisis de impacto de inversiones. La funcionalidad ofrecida para prever las actuaciones decididas por el operador de la red ante cada posible fallo, permite que se disponga de una valoración realista del alcance y duración de la interrupción asociada.

Proyectos y Transferencia Tecnológica

- ❑ Proyecto “EASY-RES: Enabling Ancillary Services by Renewable Energy Sources ”
- ❑ Proyecto “Pastora: Análisis Preventivo de Redes Inteligentes en Tiempo Real e Integración de Recursos Renovables”
- ❑ Proyecto “Aparamenta eléctrica de media y alta tensión aislada en SF6 y cambio climático”
- ❑ Proyecto “Análisis de Capacidad de Transporte Dinámica (DLR) para líneas aéreas”

En el año 2020 se comenzó con la prueba de los algoritmos desarrollados en convertidores reales. A pesar de la situación de pandemia se pudo avanzar de manera satisfactoria. Aún así, la Comisión Europea ha decidido conceder una prórroga de 6 meses para la finalización del proyecto, pasando de julio a diciembre de 2021.

Los resultados experimentales obtenidos son muy prometedores para las pruebas unitarias (un generador renovable contra una fuente de tensión equivalente de red). Esto da lugar al comienzo de las pruebas con múltiples generadores en la red a escala de los laboratorios de la Universidad de Sevilla. Ésta última tarea se realizará durante todo el año 2021 y aportará gran parte de los resultados esperados de todo el proyecto.



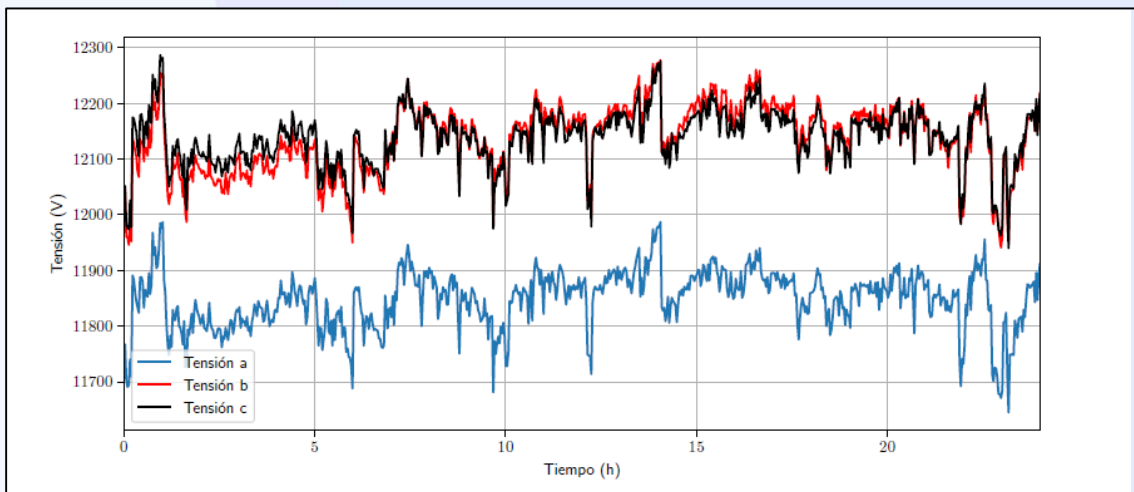
Convertidor y ultracondensador para el generador.



Red a escala donde se instalarán los múltiples generadores.

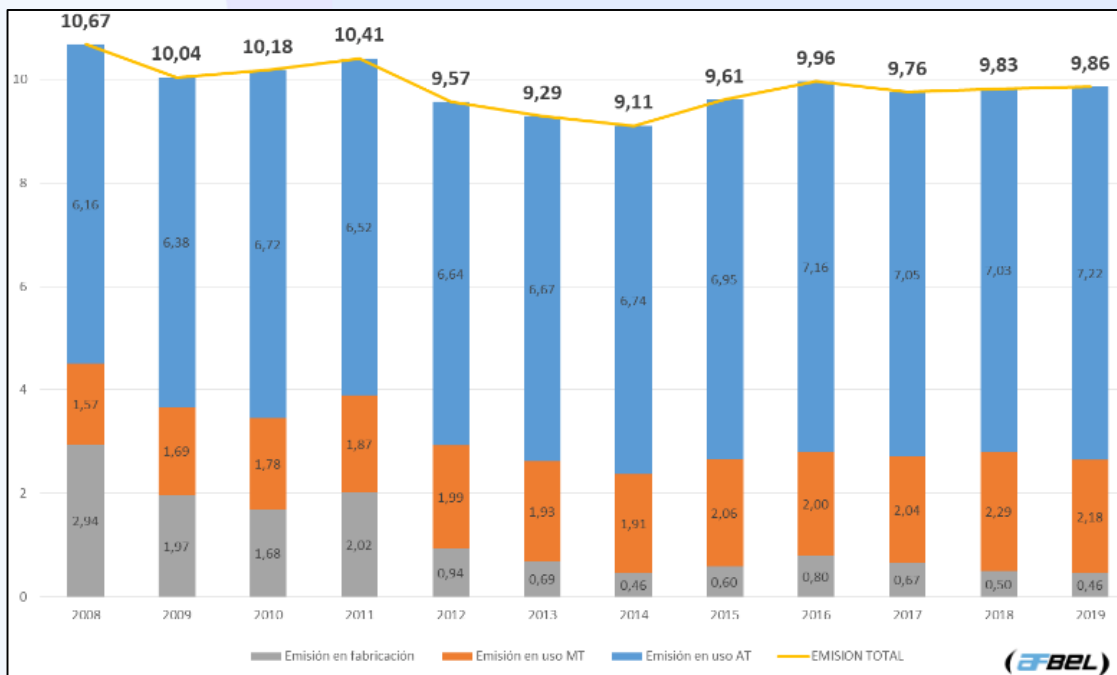
Los avances en este proyecto, centrado fundamentalmente en el desarrollo de aplicaciones de apoyo para el mantenimiento preventivo, han sido numerosos y en muy diferentes ámbitos: mejora de los desequilibrios y el control de tensiones en redes de baja tensión desequilibrada, reducción de las incertidumbres en el seguimiento del estado eléctrico del sistema, avances en el conocimiento del fenómeno de la rotura de neutro y sus consecuencias en la calidad del servicio, son algunos de los más destacados.

AICIA contribuye en este proyecto aportando nuevas soluciones a Endesa en relación a la gestión de la red de distribución de Smart Cirty Málaga. En estrecha colaboración con la empresa Ingelectus, como desarrollador de las aplicaciones de seguimiento y control de PASTORA implantadas en los sistemas DMS de Endesa, AICIA facilita la implantación real de las soluciones más recientes e innovadoras en torno a la gestión activa de redes de distribución.



Evolución tensiones en barra de MT del transformador MT/BT

El gas SF6 se lleva empleando con gran éxito desde finales de los 60 como medio aislante y de corte en aparamenta eléctrica de media y alta tensión, pero debido a los planes de la UE y otras administraciones hacia una descarbonización de la economía en las próximas décadas se está planteando su prohibición en la nueva aparamenta a medio plazo (a partir de 2025 aproximadamente). En 2020 se inició la preparación de un estudio, cuya finalización se espera para marzo de 2021, y que tiene varios objetivos. En primer lugar, pretende analizar el peso relativo de las emisiones de SF6 (actuales y futuras) debidas a la aparamenta en media y alta tensión en el contexto de las emisiones de gases de efecto invernadero (CO2, metano, otros gases fluorados, etc.). Se pretende abordar también el estudio de las soluciones comercialmente disponibles que no hagan uso del SF6 en aparamenta (ya sea como medio aislante o de corte) y que están anunciando los principales fabricantes en los últimos años, abarcando no solo sus prestaciones técnicas sino también coste, fiabilidad, nivel de mantenimiento, toxicidad, seguridad y grado de normalización. Finalmente se realizará una comparación entre las soluciones clásicas basadas en SF6 y las nuevas desde el punto de vista de la huella de carbono en las emisiones a lo largo del ciclo de vida (fabricación, operación y retirada).

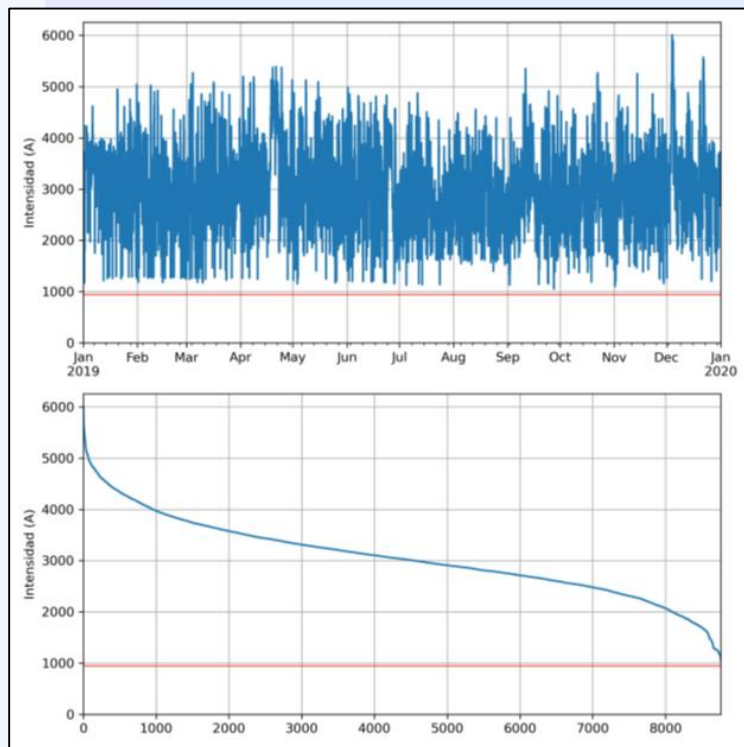


Legenda de la figura: emisiones anuales de SF6(toneladas) en España (SEIE - Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico).

En este proyecto se abordan distintos aspectos del cálculo de la capacidad de transporte dinámica (DLR) en líneas aéreas de la Endesa. Para ello, se estudiará tanto la viabilidad como el beneficio de este enfoque en líneas predeterminadas usando tanto datos meteorológicos públicos o de estaciones meteorológicas específicas, como datos de inclinómetros que además de la medida directa del estado de la línea, proporcionan medidas indirectas de las condiciones ambientales.

Este tipo de problemas requiere de la resolución de problemas térmicos, geométricos, mecánicos e incluso informáticos, para el acceso a las numerosas bases de datos, con los que acaba determinándose en cada instante la autentica capacidad de transporte de una línea, que en la mayoría de las horas del año resulta superior a las capacidades preestablecidas, necesariamente más conservadoras al no utilizar tanta información.

En la figura adjunta se muestra un posible perfil de intensidades máximas determinadas mediante DLR tanto ordenadas cronológicamente como ordenadas mediante una curva monótona, que en este caso evidencia el amplio margen de explotación que el DLR proporciona frente a un rating estático de 1000 amperios.



Publicaciones

Libros y Capítulos de Libros	
1.	HVDC/FACTS for Grid Services in Electric Power Systems , J.M. Maza, A. Gomez (editors), <i>Printed Edition of the Special Issue Published in Energies (MDPI)</i> , 278 pp, ISBN 978-3-03928-376-7, 2020.
2.	Energía de la luz: electricidad sin fuego, A. Gómez, volumen recopilatorio de las Jornadas sobre "La Luz: vida, ciencia, progreso", editado por el Instituto de Academias de Andalucía, 2020.

Artículos en Revistas	
1.	Manuel Rodríguez Montañés, José Antonio Rosendo Macías y Antonio Gómez Expósito: A systematic approach to service restoration in distribution networks . En: <i>Electric Power Systems Research</i> . 2020. Vol. 189. 10.1016/j.epsr.2020.106539
2.	Catalina Gómez Quiles, Esther Romero Ramos, Antonio De la Villa Jaen, Antonio Gómez Expósito: Compensated Load Flow Solutions for Distribution System State Estimation . En: <i>Energies</i> . 2020. Vol. 13. Núm. 12. https://doi.org/10.3390/en13123100
3.	Catalin Gavriluta, Cedric Boudinet, Friederich Kupzog, Antonio Gómez Expósito, Raphael Caire: Cyber-Physical Framework for Emulating Distributed Control Systems in Smart Grids . En: <i>International Journal of Electrical Power & Energy Systems</i> . 2020. Vol. 114. Núm. enero 2020. https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2019.06.033
4.	Madalina Mihaela Buzau, Javier Tejedor Aguilera , Pedro Luis Cruz Romero, Antonio Gómez Expósito: Hybrid Deep Neural Networks for Detection of Non-Technical Losses in Electricity Smart Meters . En: <i>IEEE Transactions on Power Systems</i> . 2020. Vol. 35(2), pp. 1254-1263
5.	Ángel Arcos Vargas, Antonio Gómez Expósito y Francisco Gutiérrez García: On the potential contribution of rooftop PV to a sustainable electricity mix: The case of Spain . En: <i>Renewable & Sustainable Energy Reviews</i> . 2020. Vol. 132. 10.1016/j.rser.2020.110074
6.	Miguel Ángel González Cagigal, José Antonio Rosendo Macías, Antonio, Gómez Expósito, Antonio: Parameter Estimation of Wind Turbines With PMSM Using Cubature Kalman Filters . En: <i>IEEE Transactions on Power Systems</i> . 2020. Vol. 35. Núm. 3. Pag. 1796-1804. 10.1109/TPwrs.2019.2945778

En los medios

	Medio de Comunicación	Enlace
1.	Diario de Sevilla 08/03/2020	<u>Premios Cátedra Endesa a los ingenieros Darío Gavira y Miguel Ángel González</u>
2.	Circulo de Empresarios de Cartuja 10/03/2020	<u>La Cátedra Endesa premia los mejores trabajos master y grado de Ingenieros de Sevilla</u>
3.	ABC 15/03/2020	<u>La adaptación del coche eléctrico a la ciudad, asignatura pendiente</u>
4.	ABC 02/04/2020	<u>El «filtro de Kalman» predice que el pico del coronavirus en Andalucía llegará el 14 de abril</u>

