

## OFERTA DE CONOCIMIENTO

### 1. Título para describir la oferta. CASTELLANO

Desarrollo de modelos avanzados de predicción del consumo eléctrico y de la generación de energía eléctrica en el corto plazo.

### 2. Título para describir la oferta. INGLÉS

Development of advanced models for Short-Term Load Forecasting and electricity generation forecast in the short and medium term.

### 3. Subtítulo para explicar en brevemente la oferta. CASTELLANO

Análisis y desarrollo de modelos avanzados de modelos de predicción de la demanda eléctrica en el corto plazo mediante la aplicación combinada de modelos basados en técnicas de inteligencia artificial y técnicas matemáticas y estadísticas clásicas basadas en modelos autorregresivos y modelos probabilísticos.

### 4. Subtítulo para explicar en brevemente la oferta. INGLÉS

Analysis and development of advanced models for Short-Term Load forecasting through the combined application of models based on artificial intelligence techniques and classical mathematical and statistical techniques based on autoregressive models and probabilistic models.

### 5. Descripción de la Tecnología y/o Conocimiento a transferir

El conocimiento ofertado tiene como finalidad la predicción en el corto plazo de la demanda y consumos eléctricos. Se entiende como corto plazo horizontes que van desde las primeras 24 horas hasta los siguientes 10 días. Este conocimiento está basado en el desarrollo de sistemas híbridos que combinan modelos de inteligencia artificial como pueden ser algunos tipos de redes neuronales (NARX, MLP, SOM, etc...) con técnicas matemáticas y estadísticas. Los errores MAPE (siglas de *Mean Absolute Percentage Error* – en inglés) y ECM (Error Cuadrado Medio) que se obtienen de la aplicación de estos modelos son, en la mayoría de casos, menores que los obtenidos con modelos de predicción anteriores y diferentes a los propuestos en esta oferta y que están basados únicamente en la

aplicación de modelos ARIMA o ARMA (siglas de *AutoRegressive Integrated Moving Average* o *AutoRegressive Moving Average* – en inglés) sobre series temporales.

Los modelos desarrollados son específicos para la predicción de la demanda eléctrica en el corto plazo y se basan en el uso como datos de entrada a los modelos, para su entrenamiento y simulación, de datos históricos de demanda eléctrica, así como el uso de datos históricos de temperatura.

## 6. Grado de desarrollo de la Tecnología y/o conocimiento

### Grado de desarrollo:

- Concepto
- Investigación
- Prototipo-Lab
- Prototipo Industrial
- Producción

### Justificación:

A lo largo de los últimos 6 años se han desarrollado un total de 5 modelos en proyectos consecutivos con el operador del sistema eléctrico Español REE – Red Eléctrica de España, lo que demuestra que se tienen las capacidad necesaria para el desarrollo ofertado para cualquier empresa/entidad. En este caso de REE, los modelos son específicos para ser utilizados con datos de demanda o consumo eléctrico y enfocado a una predicción en el corto plazo (de las siguientes 24 horas a 10 días), por lo que no son modelos para ser utilizados como un software adaptable de forma automática/estándar a cualquier otro tipo de datos de entrada. Para cada desarrollo se requiere un análisis de los datos a utilizar y una adaptación importante a los nuevos datos para cada desarrollo y características de la empresa/entidad.

## 7. Descripción de las posibles aplicaciones de la tecnología y/o conocimiento

Aunque, hasta el momento, estos modelos de predicción han sido aplicados específicamente en el ámbito de la demanda eléctrica, podrían ser aplicados (correctamente adaptados) a cualquier ámbito o sector industrial o comercial que necesite realizar una predicción continua y en tiempo real de la predicción de series datos temporales, horarios o cuarto horarios, para la posterior toma de decisiones con estas predicciones (por ejemplo: sector energético, sector logístico como el logístico-portuario, etc.). Estas decisiones pueden afectar de forma significativa a sus procesos productivos o comerciales, siempre con el objetivo de reducir los errores de predicción y aumentar el ahorro económico y la eficiencia de sus sistemas productivos.

## 8. Ventajas y aspectos innovadores de la tecnología

Existen desde hace décadas sistemas de predicción de la demanda eléctrica, al igual que otros tipos de datos de todo ámbito, pero suelen estar basados únicamente en modelos matemáticos clásicos aplicados a series temporales como son las ARIMA (siglas de *Autoregressive Integrated Moving Average* – en inglés). Este modelo Autorregresivo Integrado de Promedio Móvil es un modelo estadístico que utiliza variaciones y regresiones de datos estadísticos con el fin de encontrar patrones para una predicción hacia el futuro. Se trata de un modelo dinámico de series temporales, es decir, las estimaciones futuras vienen explicadas por los datos del pasado y no por variables independientes. Sin embargo, el desarrollo de los modelos avanzados de predicción ofertados por nuestro grupo está basado en el desarrollo de sistemas híbridos que combinan modelos de inteligencia artificial, como pueden ser algunos tipos de redes neuronales (NARX, MLP, SOM, etc...) con técnicas matemáticas y estadísticas. Los errores que se obtienen de la aplicación de nuestros modelos, en la mayoría de casos son menores a los obtenidos con únicamente modelos de predicción tipo ARIMA o ARMA. A nivel de grupos de investigación en universidades españolas, podemos encontrar en la UPCT (Universidad politécnica de Cartagena), la Universidad de Comillas ICADE-ICAI, la Universidad Politécnica de Madrid, etc.

La ventaja principal de nuestra oferta frente a otras ya existentes es que analizamos los históricos de los datos de entrada a utilizar y ofrecemos, por un lado, un análisis del mejor tratamiento de los datos de entrada y, por otro lado, la mejor combinación de varios motores de predicción basados en la utilización de varias técnicas tanto estadísticas como algunos tipos de redes neuronales como pueden ser los modelos NARX (*Nonlinear AutoRegressive with exogenous input*). Esta combinación híbrida de motores de predicción permite obtener mejores errores de predicción en el corto plazo cuando se trata de predecir la demanda eléctrica.

Prueba de lo anterior es que a lo largo de los últimos 6 años se han realizado un total de 5 proyectos consecutivos con el operador del sistema eléctrico Español (REE – Red Eléctrica de España) para el desarrollo de sistemas de predicción de la demanda eléctrica en el corto plazo, mejorando los días considerados como especiales. Días que pueden ser excepcionalmente calurosos o fríos, días festivos o vacacionales, días previos o posteriores días festivos, puentes entre días festivos, días con eventos importantes deportivos o sociales, etc. tanto para la demanda eléctrica total peninsular como insular, de las islas Baleares y Canarias. Durante este desarrollo se ha generado un importante *Know-How* sobre la capacidad de desarrollar modelos de predicción de la demanda eléctrica en el corto plazo combinando varias técnicas como motores de predicción utilizados para el entrenamiento y aprendizaje de los modelos. Se ha desarrollado y avanzado mucho en cómo utilizar de datos históricos de demanda eléctrica como entrada a los modelos y la normalización, filtrado y tratamiento de estos datos junto con los datos de temperatura.

**9. Proyectos de investigación pública y/o contratos con empresas que han ayudado en el desarrollo de esa tecnología y/o conocimiento**

A continuación, se describen brevemente los principales proyectos desarrollados en los últimos años sobre la aplicación de modelos de predicciones de la demanda eléctrica en el corto plazo:

1. Título del proyecto: Contrato para la realización de una adaptación y desarrollo del modelo de previsión de demanda eléctrica a corto plazo de un modelo horario a modelo cuarto horario (referencia: REE1.20SW).

Entidad financiadora: Red Eléctrica de España (REE).

Periodo ejecución proyecto: 30/07/2020-28/06/2021.

Investigador Principal: Sergio Valero.

2. Título del proyecto: Contrato para la ampliación de los trabajos de mejora de la previsión de demanda eléctrica a corto plazo (referencia: REE1.19SW).

Entidad financiadora: Red Eléctrica de España (REE).

Periodo ejecución proyecto: 23/01/2019-31/01/2020.

Investigador Principal: Sergio Valero.

3. Título del proyecto: Contrato para la realización de una ampliación de los trabajos de mejora de la previsión de demanda eléctrica a corto plazo (referencia: REE1.17SW).

Entidad financiadora: Red Eléctrica de España (REE).

Fechas: 12/06/2017-31/03/2018.

Investigador Principal: Sergio Valero.

4. Título del proyecto: Contrato para la realización de una aplicación de previsión de la demanda eléctrica a corto plazo de los sistemas extra-peninsular (referencia: REE1.15SW).

Entidad financiadora: Red Eléctrica de España (REE).

Periodo ejecución: 02/12/2015-30/09/2016.

Investigador principal: Sergio Valero.

5. Título del proyecto: Contrato para la realización de una aplicación de previsión de la demanda eléctrica a corto plazo, tanto peninsular como no peninsular, ajustada a las necesidades de Red Eléctrica España (REE) (referencia proyecto: REE1.14SW).

Entidad financiadora: Red Eléctrica de España (REE).

Periodo ejecución proyecto: 10/06/2014- 31/03/2015.

Investigador principal: Sergio Valero.

**10. Situación de los derechos de propiedad industrial o intelectual**

En estos momentos existe un registro de propiedad de un primer software que fue desarrollado para la predicción de demanda eléctrica mediante la utilización de modelos de lógica Difusa (ANFIS):

Autores: Sergio Valero, Carolina Senabre y Carlos Sans.

Título: Herramienta de Predicción de curvas de demanda eléctrica mediante un modelo ANFIS.

Núm. DE SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN: A-949-11.

Registro: Inscripción en el registro general de la Propiedad Intelectual, correspondiente al número de asiento 09/2014/1027.

Resolución de la Dirección general de cultura de la Generalitat Valenciana.

Fecha de publicación: 13 de mayo de 2014.

No obstante, este modelo es muy sencillo para su aplicación directa a un tipo de problema de predicción concreto. Es decir, este primer registro de la propiedad fue la semilla para el desarrollo posterior de los sistemas que actualmente están funcionando con errores de predicción significativamente pequeños.

#### 11. Palabras Clave. CASTELLANO

Predicción de la demanda eléctrica en el corto plazo, predicción de la generación de electricidad con sistemas distribuidos, desarrollo de modelos avanzados de predicción de series de datos, I3E.

#### 12. Palabras Clave. INGLÉS

Short term Load Forecasting, electricity generation since distributed systems forecast, development of advanced data series prediction models, I3E.

#### 13. PDI con el que se haya colaborado en materia de transferencia

- Dra. Carolina Senabre Blanes. Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía
- Dr. Miguel López García. Área de Ingeniería Eléctrica. Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía.
- Carlos Sans Tresserras. Área de Ingeniería Eléctrica. Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía.

#### 14. Área de conocimiento

- Agricultura y Alimentación
- Arte y Patrimonio
- Ciencias de la Salud y Biotecnología
- Medio Ambiente y Desarrollo sostenible
- Ciencias Sociales y Humanidades
- Ciencias Jurídicas
- Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
- Ingeniería y Tecnologías Industriales
- Tecnología de los materiales

**15. Contacto**

*Nombre persona de contacto:* Sergio Valero Verdú

*Cargo:* Profesor Titular de Universidad del área de Ingeniería Eléctrica del Dpto. de Ingeniería Mecánica y Energía de la Universidad Miguel Hernández de Elche.

*Grupo/centro/Instituto de investigación al que pertenece:* Director del grupo de investigación Aplicación de técnicas avanzadas a la Ingeniería Eléctrica y Automática de la Escuela Politécnica Superior de Elche de la Universidad Miguel Hernández de Elche y Centro de Investigación en Ingeniería de Elche I3E – UMH.

*Teléfono:* 616201717

*Mail:* [svalero@umh.es](mailto:svalero@umh.es)

*Web:*

<https://i3e.umh.es/>

<https://i3e.umh.es/pagina-personal/?idp=SVALERO;>