



Esta empresa ha sido beneficiaria dentro de la Convocatoria de ayudas 2021 destinadas a proyectos de investigación y desarrollo en inteligencia artificial y otras tecnologías digitales, y su integración en las cadenas de valor (C005/21-ED)

PROYECTO:

Investigación en nuevos modelos de Deep Learning y técnicas avanzadas de IA para la generación de un Gemelo Digital datadriven de plantas solares utility scale con capacidades cognitivas proactivas [DATAI-PV]

(Financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU)

ENERO 2023.

Para poder hacer frente a la **rápida expansión a nivel global y el incremento de la capacidad instalada de los sistemas de energía fotovoltaica**, se deben abordar importantes desafíos que permitan mejorar su competitividad. Entre estos retos destacan la **reducción del LCoE (Levelized Cost of Energy)** de las plantas. Si bien la energía fotovoltaica ha experimentado una disminución dramática en su costo de generación en los últimos años, es imprescindible seguir reduciendo el costo nivelado de la energía fotovoltaica. Considerando que **la producción de energía solar está sujeta a fallos, daños y degradaciones durante su ciclo de vida**, y que esto impacta directamente en el incremento del LCoE, el diagnóstico de estos fallos en etapas tempranas es crucial para evitar la pérdida de eficiencia, reducir los gastos de operación y mantenimiento de la planta, y prolongar la vida útil de los activos instalados.

La identificación y diagnóstico anticipado de fallas en fotovoltaica tiene un amplio recorrido de optimización y mejora en base a técnicas predictivas.

INGETEAM, a través del proyecto DATAI-PV, tiene como objetivo el desarrollo de nuevos conocimientos que permitan la implementación futura de nuevos servicios de Inteligencia Artificial en la operación, mantenimiento y gestión de plantas fotovoltaicas utility scale de suelo.



Esta empresa ha sido beneficiaria dentro de la Convocatoria de ayudas 2021 destinadas a proyectos de investigación y desarrollo en inteligencia artificial y otras tecnologías digitales, y su integración en las cadenas de valor (C005/21-ED)

PROYECTO:

Investigación en nuevos modelos de Deep Learning y técnicas avanzadas de IA para la generación de un Gemelo Digital datadriven de plantas solares utility scale con capacidades cognitivas proactivas [DATAI-PV]

(Financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU)

NOVIEMBRE 2023.

Inteligencia Artificial, Plantas fotovoltaicas y Smart SCADA

La utilización de aplicaciones de Inteligencia Artificial (IA) en el sector energético está ganando impulso. La IA no es sólo una tecnología, es un verdadero motor de cambio de todas las actividades económicas actuales, y el sector Energía no es ajeno a ello.

El proyecto DATAI-PV se enfoca en la aplicación de **Inteligencia artificial** en SCADA para la **Operación y mantenimiento de grandes plantas fotovoltaicas**. DATAI-PV se encuentra en su ecuador y avanza con grandes logros gracias a la estrecha colaboración industria-investigación, representados por Ingeteam y AIN (Asociación de la Industria Navarra).

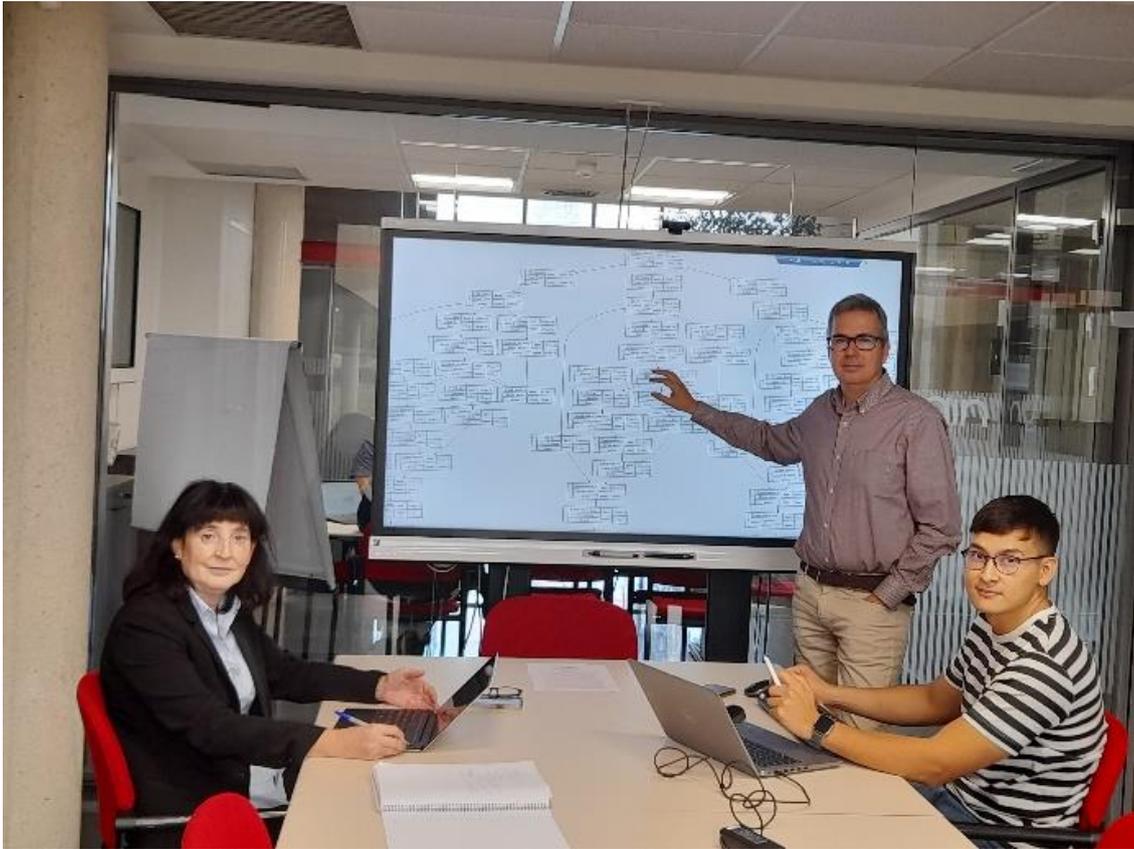
Así, mientras la aplicación de detección de anomalías es una de los usos de la IA con mayor implantación e impacto en el sector industrial porque puede demostrar los beneficios en un corto espacio de tiempo, el nivel de madurez tecnológica (TRL) de los desarrollos puede encontrarse en diferente estado dependiendo de la capacidad para actuar con éxito en escenarios estáticos simples o en escenarios reales, abiertos y no controlados.

Este proyecto se aborda con el objetivo estratégico de impulsar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en IA, y está centrado en la generación de técnicas novedosas y emergentes. Los resultados serán explotados comercialmente por Ingeteam en su plataforma **Smart SCADA**.

Se sabe que los distintos fallos en los diferentes elementos que componen un parque fotovoltaico provocan un rango de pérdidas de potencia que van desde la pérdida total de la producción a ligeras pérdidas, muy difíciles de detectar. Son estas últimas pequeñas degradaciones en las que se ha puesto el foco en el presente proyecto. Se están desarrollando **modelos basados en aprendizaje automático** para detectar y diagnosticar automáticamente dichos fallos a partir de datos SCADA.

Los resultados conseguidos hasta la fecha permiten detectar estas pequeñas anomalías al mismo tiempo que cuantificar la incertidumbre de esa detección, lo que permite una mejora en la toma de decisiones y en la gestión de alarmas. Inicialmente, se han construido modelos virtuales de unidades básicas con diferentes **tecnologías Deep Learning** y de ensemble para benchmarking. Posteriormente, como todos esos modelos de unidad básica se replican a lo largo de la planta PV, se ha creado un modelo unificado de alto nivel con el objeto de reducir el mantenimiento de los modelos IA, y todo ello sin pérdida de rendimiento en la detección.

En los próximos meses se avanzará en el **desarrollo del Gemelo Digital** con altas capacidades cognitivas proactivas que es el objetivo final que persigue el proyecto.



En la imagen, Jorge Acedo de Ingeteam junto a Pilar Herrera y Ayrton Sarango, de AIN.

INGETEAM, a través del proyecto DATAI-PV, tiene como objetivo el desarrollo de nuevos conocimientos que permitan la implementación futura de nuevos servicios de Inteligencia Artificial en la operación, mantenimiento y gestión de plantas fotovoltaicas utility scale de suelo.



Inteligencia Artificial, Plantas fotovoltaicas y Smart SCADA

La utilización de aplicaciones de Inteligencia Artificial (IA) en el sector energético está ganando impulso. La IA no es sólo una tecnología, es un verdadero motor de cambio de todas las actividades económicas actuales, y el sector Energía no es ajeno a ello.

ABRIL 2024.

Así, mientras la aplicación de detección de anomalías es una de los usos de la IA con mayor implantación e impacto en el sector industrial porque puede demostrar los beneficios en un corto espacio de tiempo, el nivel de madurez tecnológica (TRL) de los desarrollos puede encontrarse en diferente estado dependiendo de la capacidad para actuar con éxito en escenarios estáticos simples o en escenarios reales, abiertos y no controlados.

Este proyecto se aborda con el objetivo estratégico de impulsar la investigación científica, el desarrollo tecnológico y la innovación en IA, y está centrado en la generación de técnicas novedosas y emergentes. Los resultados serán explotados comercialmente por Ingeteam en su plataforma Smart SCADA.

En el proyecto DATAI PV se han investigado diferentes tipos de modelos de machine learning basados en técnicas de Deep Learning enfocados a detectar degradaciones lentas de los activos renovables en base a datos captados en la solución Smart SCADA de INGETEAM.

Los frameworks empleados (Keras y PyTorch) permiten gran flexibilidad a la hora de definir arquitecturas complejas basadas en redes neuronales.

Una de las técnicas aplicadas ha consistido en fusionar 2 tipos de modelos diferentes, un autoencoder con 3 capas ocultas (función de activación ReLU) , y una fully connected deep neural network (fcNN) de 5 capas en un nuevo modelo híbrido que aproveche las características específicas de cada uno de los modelos implicados.

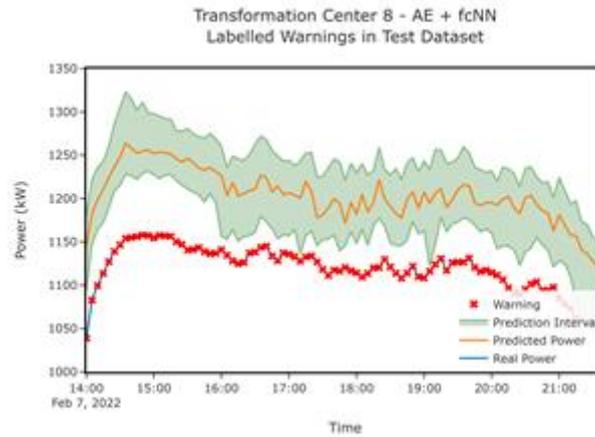
El objetivo de la parte de entrada del autoencoder es lograr una representación latente de todos los elementos que componen la planta PV. Esta representación es alimentada a una red neuronal fully connected compuesta por múltiples capas.

El objetivo del modelo resultante es obtener para cada uno de los diferentes estados posibles de los componentes de la planta una estimación de normalidad que permita la detección temprana de anomalías locales en los subsistemas que componen la planta.

En la siguiente tabla se muestran las métricas obtenidas, junto con las gráficas de uno de los días anómalos detectados.



Model	Metric	Train	Validation	Test	Test Filtered
AE + fcNN	R2	0.998	0.857	0.815	0.903
AE + fcNN	MSE	109.766	8217.954	19297.064	9717.477
AE + fcNN	MAE	7.707	44.768	83.832	62.753
AE + fcNN	MAPE	0.009	0.055	0.137	0.088



Tal y como se puede apreciar, la combinación en un único modelo de las arquitecturas AutoEncoder y fcNN permiten crear modelos exitosos para la detección de comportamientos anómalos en plantas PV Utility Scale.

“Investigación en nuevos modelos de Deep Learning y técnicas avanzadas de IA para la generación de un Gemelo Digital data-driven de plantas solares Utility Scale con capacidades cognitivas proactivas [DATAI-PV]”



MAYO 2025

DATAI-PV. Investigación en nuevos modelos de Deep Learning y técnicas de IA para gestión inteligente de plantas PV Utility Scale

La monitorización eficiente de las plantas fotovoltaicas (PV) es fundamental para garantizar su rendimiento óptimo y evitar fallos costosos. En este sentido, la investigación y aplicación de técnicas de Deep Learning sobre datos SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) se presenta como una solución innovadora y altamente efectiva.

Las redes neuronales convolucionales (CNN) son especialmente adecuadas para capturar relaciones temporales en datos secuenciales como las temperaturas de los equipos eléctricos. Además, las arquitecturas LSTM (Long Short Term Memory) y GRU (Gated Recurrent Units) son particularmente efectivas debido a su capacidad para recordar información a largo plazo y manejar secuencias de datos variables en longitud.

Las redes neuronales LSTM incorporan celdas de memoria que les permiten almacenar información a largo plazo para capturar dependencias temporales en datos, incluso cuando hay largos intervalos de tiempo entre los eventos relevantes. Las redes neuronales GRU son similares a las LSTM, pero con una arquitectura simplificada que las hace más eficientes computacionalmente. Al igual que las LSTM, las GRU son capaces de capturar dependencias temporales en datos de series temporales.

En el proyecto DATAI-PV, la mayor rapidez y eficiencia de entrenamiento de las GRU respecto las LSTM ha sido tenido en cuenta a la hora de seleccionar los modelos con mayor aplicabilidad industrial y facilidad de despliegue futuro dentro de la plataforma Smart SCADA de INGETEAM.

“Investigación en nuevos modelos de Deep Learning y técnicas avanzadas de IA para la generación de un Gemelo Digital data-driven de plantas solares Utility Scale con capacidades cognitivas proactivas [DATAI-PV]”

Esta empresa ha sido beneficiaria dentro de la Convocatoria de ayudas 2021 destinadas a proyectos de investigación y desarrollo en inteligencia artificial y otras tecnologías digitales, y su integración en las cadenas de valor (C005/21-ED) N° Expediente: 2021/C005/00146859

Ingeteam

Esta empresa ha sido beneficiaria dentro de la **Convocatoria de ayudas 2021 destinadas a proyectos de investigación y desarrollo en inteligencia artificial y otras tecnologías digitales, y su integración en las cadenas de valor (C005/21-ED)**

N° Expediente: 2021/C005/00146859