



**Desarrollo de soluciones tecnológicas necesarias  
basadas en 5G para el despliegue del vehículo conectado y  
validación de casos de uso (5GVEC)**

Expediente: TSI-065100-2022-001

**E8. INFORME DE RESULTADOS DE MODELOS DE DEMANDA DE USO, CARGA  
Y DESCARGA DEL VEHÍCULO ELÉCTRICO**  
**RESUMEN EJECUTIVO**

**Consorcio:**



**Financia:**



**Financiado por  
la Unión Europea**  
NextGenerationEU

**Cofinancia:**





## Tabla de contenido

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>2</b>
<b>2. OBJETIVOS PRINCIPALES .....</b>	<b>2</b>
<b>3. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>2</b>
<b>4. PRINCIPALES CONCLUSIONES.....</b>	<b>4</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

Este entregable (E8) es el primero de la actividad A3 (Desarrollo de software) del PT2 y ha sido construido por Tinámica en colaboración con la Universidad de Málaga. Esta actividad investiga las tecnologías de IA y protocolos de comunicación necesarios para permitir que un usuario de VEC pueda optimizar la vida útil de su batería usándola de manera inteligente, esto es, que mediante un algoritmo de IA, pueda obtener en tiempo real una estrategia de carga/descarga del VEC que mejore la rentabilidad de la batería.

## 2. OBJETIVOS PRINCIPALES

El E8 tiene como objetivos principales:

- Presentar los resultados de los modelos predicción de demanda eléctrica el hogar, que es una información de entrada al modelo de IA de toma de decisión de carga y descarga para determinar si la batería del VEC puede suministrar dicha energía
- Diseño del sistema de IA punta apunta, en cuyo núcleo está el modelo de toma de decisión de carga y descarga, pero también otros, como el mencionado de predicción de demanda eléctrica el hogar.
- Análisis del estado del arte de los protocolos de comunicación con el cargador, que son necesarios para la transmisión de instrucciones de carga y descarga al cargador en tiempo real.

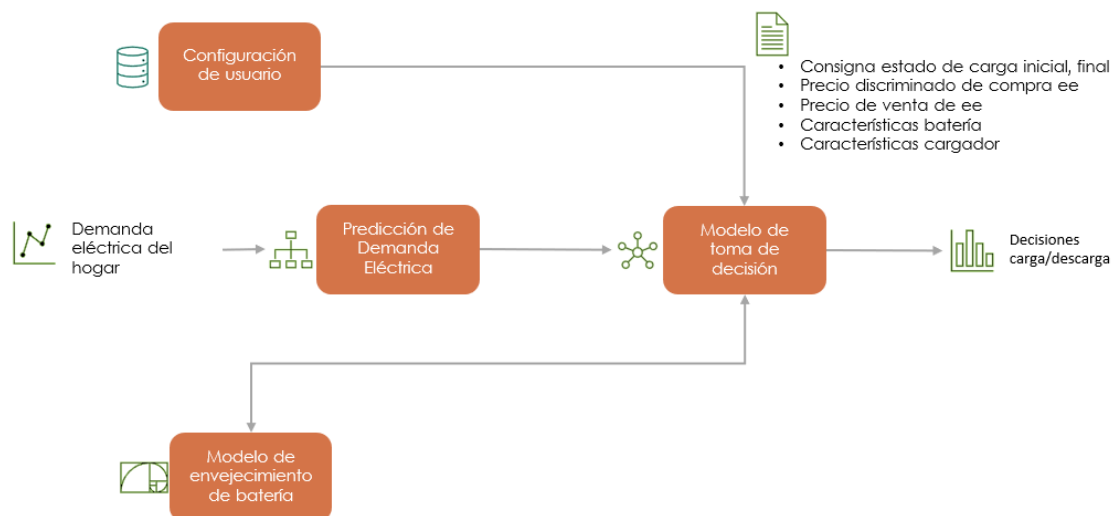
## 3. RESUMEN EJECUTIVO

En primer lugar, se establece el contexto tecnológico dentro del cual se desarrolla el proyecto, esto es, las tecnologías y características comerciales más comunes de las baterías del VEC y de los cargadores bidireccionales asociados. Se establece que el usuario tipo sobre el que realizar el análisis es un usuario de VEC que tiene una demanda de desplazamiento determinada y que quiere usar la batería del VEC durante el periodo de estacionamiento en su hogar para cargar el VEC de tal forma que satisfaga su demanda de desplazamiento del siguiente periodo y que, a la vez, encuentre rendimiento económico en operaciones de carga/descarga. Este esquema es el más extendido.

Posteriormente, se realiza el diseño de modelos de IA para la toma de decisiones de carga y descarga, en el cual, los modelos principales son:

Modelo	Tipo	Tarea
Predicción de demanda eléctrica	Predicción de series temporales	Predecir la demanda del hogar con detalle horario para el siguiente periodo
Envejecimiento de la batería	Modelo matemático	Determinar para una operación de carga y descarga la reducción en la vida útil de la batería asociada
Modelo de toma de decision	Optimización y Aprendizaje por refuerzo	Determinar para cada hora durante el periodo de estacionamiento del VEC, la operación óptima de carga y descarga.

En la siguiente figura, se representan la relación de los mismos:



Adicionalmente, para poder darle forma a la demanda por desplazamiento del VEC (que entra dentro del modelo de toma de decisión como consigna a satisfacer) se realiza un estudio de desplazamientos de VE.

Con diseño a alto nivel del sistema, se realiza la construcción del modelo de predicción de demanda eléctrica del hogar, por ser la entrada más dinámica del sistema. Durante a misma se realizan los siguientes trabajos:

- Análisis del estado del arte, incluyendo algoritmos estadísticos como ARIMA, modelos de Machine Learning como XGBoost y de Deep Learning, como Redes Neuronales Recurrentes (RNN), N-HiTS y N-BEATS
- Desarrollo y entrenamiento de distintos algoritmos con datasets abiertos, presentando una exploración de los datasets, proceso de validación y métricas de evaluación
- Comparativa y selección de modelo campeón: Resultando ser una arquitectura de Bidireccional RNN basada en LSTM (Long Short Term Memory)

Finalmente, se realiza el estudio del estado del arte de los protocolos de comunicación con el cargador. Quedando patente que existe una falta de estándar extendido en la industria. Sin embargo, el protocolo OCPP destaca por ser abierto y estar apoyado por grandes actores en el sector como ABB, Schneider y Siemens. Este último lo integra, por ejemplo, en su estación de carga VersiCharge.

## 4. PRINCIPALES CONCLUSIONES

Este entregable construye un diseño sólido para todos los elementos del proyecto, particularmente los modelos de IA que se desarrollarán en entregables posteriores. El mismo parte de un estudio tecnológico completo, tanto a nivel de hardware (baterías y cargadores) como de software (tipos de algoritmo)

Adicionalmente, construye un modelo de predicción de demanda eléctrica del hogar, cuya predicción permitirá al sistema determinar si debe verter energía a la red interna o a mercado. Tras en ensayo y evaluación del estado del arte, se concluye que el algoritmo más adecuado es de Deep Learning, y se trata de una arquitectura de Redes Recurrentes Bidireccionales basadas en LSTM (Long Short Term Memory).

Es importante destacar que el modelo ha sido ensayado en un conjunto de datasets abiertos que constituyen una muestra representativa del consumo de diferentes usuarios y adicionalmente, está abierto a ser entrenado para cualquier tipo de usuario.

Para introducir en el sistema que el VEC debe satisfacer su demanda propia, esto es, desplazamiento, se realiza un estudio de patrones de desplazamiento que permite introducir la misma como una consigna razonada y justificada.

Finalmente, se estudian los protocolos de comunicación con el cargador del VEC y se concluye que el más adecuado es el OCPP, que, aunque está lejos de ser un estándar industrial, es abierto y está apoyado por grandes fabricantes, debido a sus características de seguridad y flexibilidad.