

# Predicción de consumos eléctricos

**Carles Figuera Penedo**

Máster universitario en Ciencias de Datos

TFM – Área 5

**Nombre Consultor/a:** Sergio Trilles Oliver

**Profesor/a responsable de la asignatura:** Albert Solé Ribalta

Junio de 2020



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

## FICHA DEL TRABAJO FINAL

<b>Título del trabajo:</b>	<i>Predicción de consumos eléctricos</i>
<b>Nombre del autor:</b>	<i>Carles Figuera Penedo</i>
<b>Nombre del consultor/a:</b>	<i>Sergio Trilles Oliver</i>
<b>Nombre del PRA:</b>	<i>Albert Solé Ribalta</i>
<b>Fecha de entrega (mm/aaaa):</b>	06/2020
<b>Titulación::</b>	<i>Máster universitario en Ciencias de Datos</i>
<b>Área del Trabajo Final:</b>	<i>M2.982 - TFM - Área 5</i>
<b>Idioma del trabajo:</b>	<i>Castellano</i>
<b>Palabras clave</b>	<i>energy consumption prediction, time series forecasting, deep learning.</i>

**Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras):** *Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados y conclusiones del trabajo.*

Hoy en día la energía eléctrica es un recurso esencial para la mayoría de la población. Dispositivos electrónicos, calefacción, electrodomésticos, iluminación, comunicaciones y a día de hoy muchos vehículos de transporte, son claros ejemplos de que la importancia del abastecimiento eléctrico para la población.

Las distribuidoras eléctricas deben dar servicio a la población de un recurso tan importante con dos importantes problemáticas: es un recurso difícil de almacenar (en gran volumen) y difícil de producir de forma inmediata. Así que se debe generar un volumen de energía en equilibrio con el volumen de demanda, de ahí viene la necesidad de predecir constantemente cuál será el consumo de la población.

Aunque existen ciertos patrones que nos ayudan a predecir el comportamiento consumista de la población, existen otros factores como la climatología o la economía que pueden modificar dichos patrones y provocar un error en la predicción de consumo, dejando en consecuencia a parte de la población sin abastecimiento eléctrico o produciendo más energía de la demandada.

Para predecir estas necesidades de consumo, existen distintos algoritmos y modelos de predicción que nos ayudan a solventar este problema. En este proyecto trabajaremos con un *dataset* de mediciones de consumo (*time series*) para investigar y comparar las predicciones obtenidas de los distintos modelos de *deep learning* estudiados en el proyecto que se ajusten a esta tipo de problemática o necesidad.

**Abstract (in English, 250 words or less):**

Nowadays the electric energy is an essential resource for most of the population. Electronic devices, heating, appliances, lighting, communications and today many transport vehicles, are clear examples of the importance of electricity supply for the population.

Electricity distributors must supply the population of such an important resource with two important problems: it's a resource difficult to store (in large volumes) and difficult to produce immediately. So a volume of energy must be generated in equilibrium with the volume of demand, hence the need to constantly predict what the population's consumption will be.

Although there are certain patterns that help us predict the consumer behavior of the population, there are other factors such as the weather or the economy that can modify these patterns and cause an error in the prediction of consumption, leaving consequently part of the population without supply electric or producing more energy than the defendant.

To predict these consumption needs, there are different algorithms and prediction models that help us solve this problem. In this project we will work with a dataset of consumption measurements (time series) to investigate and compare the predictions obtained from the different deep learning models studied in the project that fit this type of problem.

# Índice

M2.982 - TFM - Área 5.....	i
1. Introducción.....	4
1.1 Contexto y justificación del Trabajo .....	4
1.2 Motivación personal.....	7
1.3 Objetivos del Trabajo.....	7
1.4 Enfoque y método seguido.....	8
1.5 Planificación del Trabajo.....	8
1.6 Breve sumario de productos obtenidos.....	8
1.7 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria.....	8
4. Glosario.....	9
5. Bibliografía.....	10

# 1. Introducción

## 1.1 Contexto y justificación del Trabajo

La electricidad es un recurso muy importante para la población. Son muchas y muy variadas las necesidades que la población cubre con la energía eléctrica (calefacción, entretenimiento, iluminación, comunicación, transporte,...). Los avances en tecnología hacen que cada día haya más demanda de este recurso, y por ello, la disponibilidad de energía eléctrica es tan importante para hogares, empresas, hospitales, escuelas, etc. Dada su importancia, se podría decir que la disponibilidad de electricidad es un claro indicador de crecimiento y desarrollo económico para una población.

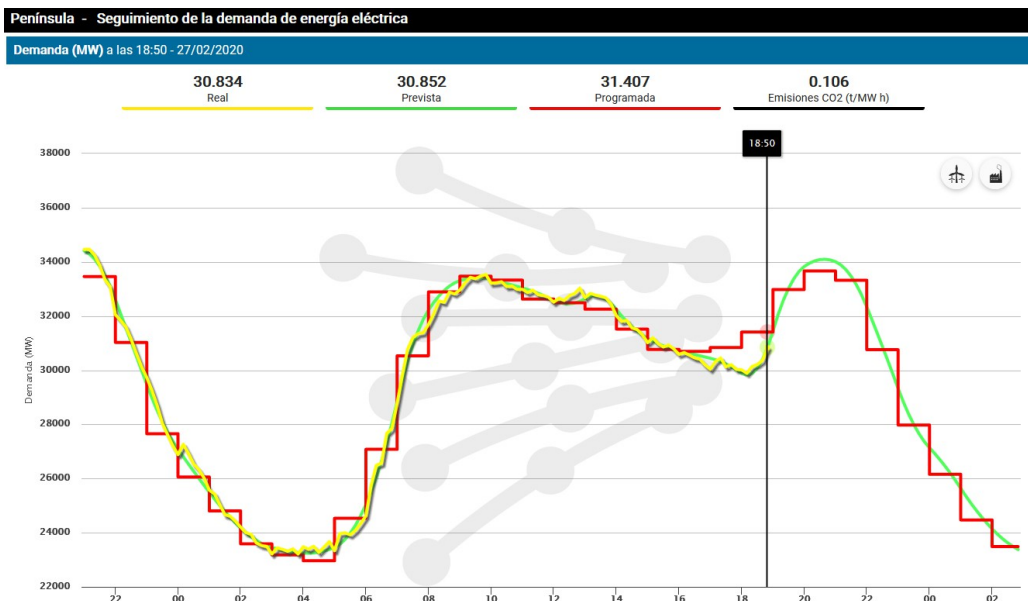
Pero cuando hablamos en términos de disponibilidad, la energía eléctrica muestra dos grandes problemas para las empresas distribuidoras.

En primer lugar, la electricidad es un recurso muy costoso de almacenar en grandes volúmenes. Otros recursos como el petróleo o el gas, se pueden almacenar en depósitos a la espera de ser usados o consumidos. Pero la electricidad tiene unas características que hacen que sea muy costoso de almacenar, aunque hay empresas como *Endesa* o *Iberdrola* que empiezan a trabajar en esta línea de investigación usando baterías de gran tamaño [1][2]. Pero se sabe que las baterías pierden eficiencia con el tiempo y uso, haciendo que por el momento, sea muy costoso el almacenaje de energía. Por eso decimos que el consumo de energía eléctrica es un consumo en tiempo real, ya que se consume a la vez que se genera, sin posibilidad de almacenar sobrantes. Así que la generación y su consumo deben estar en equilibrio.

En segundo lugar, la producción de energía eléctrica no es inmediata. Es decir, que si se dispara el consumo eléctrico en un intervalo de tiempo corto, las distribuidoras tienen muy poco tiempo de reacción para producir más energía. Aunque la respuesta de las centrales eléctricas tiene que ser rápida para no desabastecer parte de la población, muchas veces, sólo el hecho de incrementar la producción eléctrica puede costar entre minutos y horas, tiempo necesario para por ejemplo, abrir compuertas en una central hidroeléctrica o incrementar la cantidad de combustible de las centrales térmicas. Además hay que tener en cuenta que normalmente las fuentes de energía eléctrica con capacidad de respuesta más rápida acostumbran a ser las más contaminantes (centrales termoeléctricas de carbón, gas o gasóleo). La eficiencia de las centrales renovables dependen de recursos naturales como el viento, el caudal hidrológico o la luz solar, de las cuáles no tenemos control.

En resumen, el coste elevado de almacenar la energía y el coste económico/medioambiental de producirla de forma rápida, hacen que sea de gran valor y un tema relevante la posibilidad de realizar predicciones de consumo eléctrico de los usuarios de la red eléctrica. A continuación podemos observar un ejemplo de la predicción en tiempo real [3] de la que dispone la REE (Red Eléctrica Española).

Podemos observar como en un mismo día, la demanda de energía eléctrica (línea amarilla) es muy irregular. Desciende por las noches cuando la población descansa y presenta dos picos acentuados a primera hora de la mañana (cuando la población y las empresas empiezan su actividad diaria) y al atardecer (cuando la población vuelve a sus hogares).



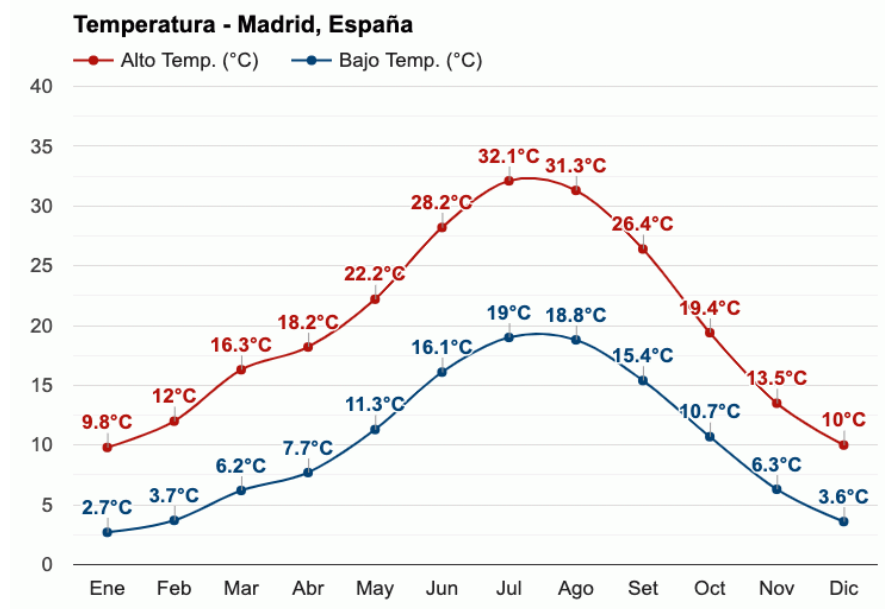
**Figura 1.** Demanda y predicción de energía eléctrica por la REE

Esta gráfica muestra cómo las predicciones de consumo pueden variar según las horas del día, aunque a la vez también nos muestra que existen ciertos patrones. Pero no sólo pueden variar según la hora, sino que hay otras características o factores a tener en cuenta cuando hablamos de predicción.

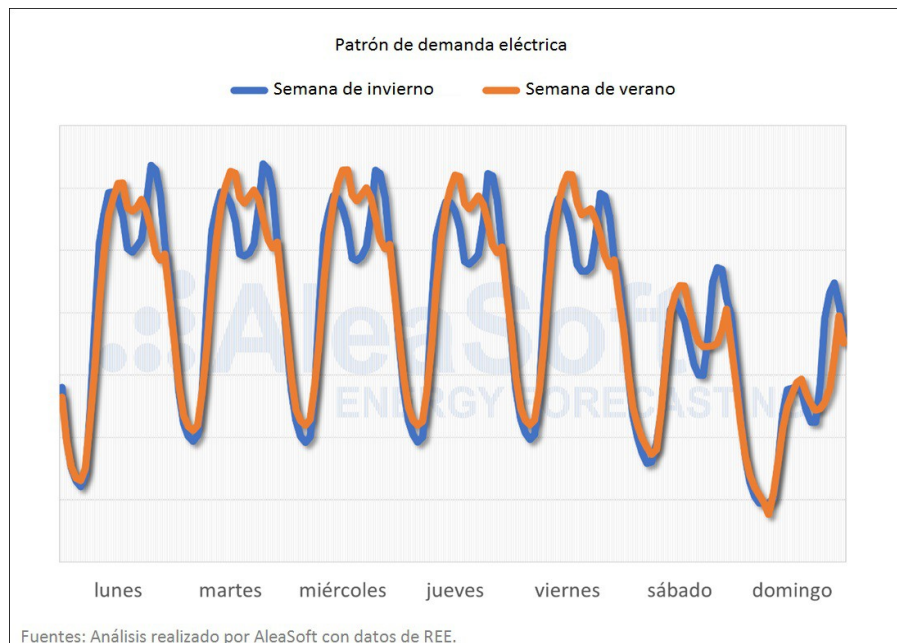
A continuación se muestra un listado de todas ellas:

1. Horas del día: como ya hemos comentado, el consumo es diferente según horas del día (figura 1).
2. Días de la semana: los consumos eléctricos son distintos en días laborables o en fin de semana. El fin de semana acostumbra a bajar el consumo ya que muchas empresas cesan su actividad.
3. Estaciones del año: por ejemplo, el uso de calefacción en invierno y aires acondicionados en verano hace que se tenga en cuenta la época del año para predecir de forma más exacta el consumo eléctrico.
4. Eventos puntuales: una huelga general provoca la bajada del consumo de forma notoria. O bien la noche de fin de año puede que hacer que se incremente la demanda ya que los locales de ocio trabajan más horas.
5. Meteorología: existe una correlación entre el consumo de energía eléctrica y la temperatura ambiente. Así que también deberá existir una relación entre la predicción de consumo eléctrico y la predicción meteorológica.
6. Economía: la salud financiera de una zona geográfica también aplica al consumo eléctrico. Por ejemplo, durante la última crisis económica, el cierre de muchas fábricas y empresas hizo disminuir el consumo eléctrico de forma notoria.

Así que podemos hablar de dos grandes tipos de factores que afectan al consumo de electricidad: el calendario y la climatología. Estos factores tienen patrones conocidos. Por una parte, la temperatura y las lluvias siguen un patrón anual conocido (figura 2), y por otra parte, el factor temporal o de calendario (días festivos, días laborables, horas diurnas, horas nocturnas,...) también sigue otro patrón conocido (figura 3). Así que podemos trabajar las predicciones de consumos eléctricos como si fueran predicciones de series temporales.



**Figura 2.** Promedio anual de temperaturas en Madrid [4]



**Figura 3.** Demanda eléctrica media en España 2014-2018 según día de la semana y estación del año



En este trabajo estudiaremos y compararemos diferentes modelos de predicción que encajan para resolver problemas del tipo series temporales como el introducido en este apartado.

## 1.2 Motivación personal

Creo que de todas las disciplinas del *Big Data*, las de *machine learning* y *deep learning* es la más interesante. La idea de predecir, averiguar qué va a suceder antes de que suceda de forma automática, solamente teniendo en cuenta datos de lo que ha pasado anteriormente me fascina.

Además, al licenciarme en 2011, mi primer proyecto profesional fue en un proyecto de *Smartcity* en Málaga [5], donde comprendí las dificultades que tenía administrar la energía eléctrica de toda una zona de la ciudad. El proyecto fue construir una prueba piloto de introducción de sistemas *Big Data* en la ciudadanía, creando lo que llamaban una 'ciudad inteligente'. Fue una gran experiencia, en mi departamento se trabajaba mucho en la monitorización del uso de la energía eléctrica para el ahorro energético.

Así que este trabajo trata sobre dos temas que me fascinan y me aportará mucho a nivel personal.

## 1.3 Objetivos del Trabajo

A continuación se muestra un listado de objetivos que se quieren realizar en este trabajo de fin de máster:

- a) Entender la necesidad y problemática de la predicción de consumos eléctricos.
- b) Estudiar el estado del arte actual de algoritmos estadísticos o de aprendizaje automático (*machine learning*) y profundo (*deep learning*) para predicción de series temporales (*time series forecasting*).
- c) Tomar un *dataset* de series temporales sobre consumos eléctricos, analizarlo y prepararlo para la creación de modelos predictivos.
- d) Crear y entrenar distintos modelos de predicción a partir del *dataset* mencionado.
- e) Preprocesar el *dataset* anterior para poder entrenar y evaluar de forma satisfactoria los distintos modelos predictivos creados.
- f) Analizar y comparar los distintos resultados obtenidos con los modelos anteriores mediante un *dataset* de evaluación.
- g) Evaluar posibles mejoras en los modelos creados en el estudio (por ejemplo: *Dropout* en modelos DL).
- h) Estudiar posibles líneas futuras de estudio (por ejemplo: modelos híbridos, etc).

## 1.4 Enfoque y método seguido

Indicar cuáles son las posibles estrategias para llevar a cabo el trabajo e indicar cuál es la estrategia elegida (desarrollar un producto nuevo, adaptar un producto existente, ...). Valorar porque esta es la estrategia más apropiada para conseguir los objetivos.

## 1.5 Planificación del Trabajo

Descripción de los recursos necesarios para realizar el trabajo, las tareas a realizar y una planificación temporal de cada tarea utilizando un diagrama de Gantt o similar. Esta planificación tendría que marcar cuáles son los hitos parciales de cada una de las PEC.

## 1.6 Breve resumen de productos obtenidos

No hay que entrar en detalle: la descripción detallada se hará en el resto de capítulos.

## 1.7 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria

El siguiente esquema muestra la estructura del presente documento, dividiéndose en los siguientes capítulos:

- Capítulo 2. Estudio del estado del arte: introducción a los modelos predictivos usados a día de hoy para la predicción de consumos u otros tipos de series temporales.
- Capítulo 3. Análisis y preprocesado del *dataset* del caso de estudio: análisis exhaustivo del *dataset* escogido para el caso de estudio y preprocesado, en caso de ser necesario, para la construcción de modelos predictivos.
- Capítulo 4. Creación y entrenamiento de los modelos predictivos: creación de diferentes modelos predictivos a partir de los datos del *dataset* antes mencionado.
- Capítulo 5. Resultados obtenidos de los modelos predictivos: recopilación de datos y resultados obtenidos tras la evaluación de dichos modelos predictivos.
- Capítulo 6. Conclusiones del estudio realizado: comparativa de los diferentes resultados obtenidos en el capítulo anterior.
- Capítulo 7. Futuras líneas de investigación: introducción a futuras líneas de investigación sobre los modelos predictivos de series temporales.

## 4. Glosario

<b>DL</b>	Deep Learning
<b>ML</b>	Machine Learning
<b>REE</b>	Red eléctrica de España

## 5. Bibliografía

- [1] Noticia: Almacenamiento de energía eléctrica a gran escala (27-feb-2020)  
<http://www.agenex.net/es/documentacion/381-almacenamiento-de-energia-electrica-a-gran-escala.html>
- [2] Noticia: Empresas españolas logran almacenar a gran escala electricidad de fuentes renovables (27-feb-2020)  
<https://www.energias-renovables.com/panorama/empresas-espanolas-logran-almacenar-a-gran-escala-20140605>
- [3] Web: Demanda de energía eléctrica en tiempo real (27-feb-2020)  
<https://demanda.ree.es/visiona/peninsula/demanda/total>
- [4] Web: previsión meteorológica y clima Madrid (27-feb-2020)  
<https://www.weather-es.com/es/espana/madrid-el-tiempo-en-enero>
- [5] Noticia: Smartcity Málaga, 10 años después (29-feb-2020)  
<https://www.lavanguardia.com/natural/si-existe/20200128/473098862713/malaga-smart-city-endesa-laboratorio-living-lab-diez-anos-brl.html>