



**COMILLAS**  
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

**ICAI**

MÁSTER EN INDUSTRIA CONECTADA

TRABAJO FIN DE MÁSTER

# Análisis de la Digitalización en Tecnologías Energéticas Emergentes

Autor: Ángela Barber Abril  
Director: Ignacio Trigo Martínez

Madrid  
Julio de 2020

---

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título Análisis de la Digitalización en Tecnologías Energéticas Emergentes en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2019/20 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Ángela Barber Abril

Fecha: 13/ 07/ 2020



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Ignacio Trigo Martínez

Fecha: ..13../ ..07../ 2020



# Análisis de la Digitalización en Tecnologías Energéticas Emergentes

A.Barber

Máster en Industria Conectada, Universidad Pontificia Comillas ICAI, Madrid  
abarberabril@alu.comillas.edu

**Resumen**—La necesidad de la evolución del sector energético hacia un sistema más eficiente y con menos contaminación conduce hacia el uso de la digitalización. Este informe presenta las herramientas principales que tienen cabida en este proceso, así como la aplicación y consecuencias que tendría su integración.

Parte de herramientas como el *Big Data*, la Analítica Avanzada o la Realidad Aumentada aplicadas a las diferentes tecnologías energéticas emergentes: la energía renovable, la gestión activa de la demanda, el vehículo eléctrico y el teletrabajo. Asimismo, hace una revisión del trilema energético a través de la integración de las tecnologías en el sistema eléctrico futuro.

**Abstract**-- The importance of the transformation of the energy sector towards a more efficient and less polluting system leads to the use of digitalization. This report presents the main tools that have a potential role to take in this process, as well as the application and consequences that their integration would have.

It begins with technologies such as Big Data, Advanced Analytics or Augmented Reality applied to different emerging energy technologies: renewable energy, Demand Side Response, electric vehicles and teleworking. Moreover, it reviews the energy trilemma through the integration of technologies into the future electricity system.

## I. INTRODUCCIÓN

La digitalización ofrece una oportunidad de modernización, cambio, renovación y evolución a las empresas diseñando nuevas estrategias competitivas. En concreto, en el sector eléctrico, la digitalización es una de las grandes palancas en el proceso de descarbonización que se está llevando a cabo en Europa. Tecnologías como el *Big Data* o la Analítica Avanzada ayudan a lograr un sistema más sostenible, integrando las energías renovables y logrando una participación más activa por parte del cliente.

En el sector eléctrico, como en otros muchos sectores, se ha ido introduciendo el Internet de las Cosas (*Internet of Things*), lo que ha provocado que se instalen cada vez más dispositivos que recopilan y mandan una gran cantidad de información. Esta información debe ser almacenada y gestionada de manera eficiente para obtener el máximo valor posible.

## II. MARCO TEÓRICO

### A. *Big Data* (BD)

A la hora de explicar qué es el *Big Data* se sigue utilizando la definición de Gartner de 2011: “*Big data* son datos que contienen una mayor variedad y que se presentan en volúmenes crecientes y a una velocidad superior”. De hecho, variedad, volumen y velocidad son las tres V que componen el *Big Data* [1].

1) *Variedad*: se encuentran datos de todo tipo, desde archivos de audio, fotos o vídeos hasta datos de sensores, lográndose el mayor valor añadido cuando se logra combinar toda la información.

2) *Volumen*: en una época en la que hay un gran número de dispositivos conectados a la red enviando información, se llega a recolectar una gran cantidad de datos.

3) *Velocidad*: la información no solo necesita ser adquirida de la manera más rápida posible, sino procesada de manera que se puedan tomar decisiones de manera ágil.

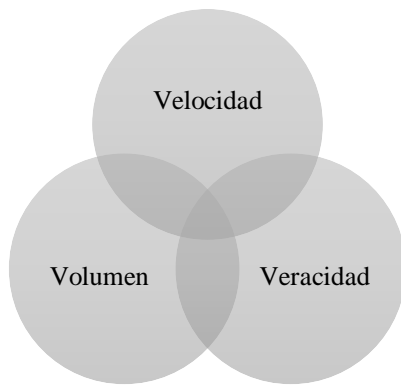


Figura 1. Esquema de las tres Vs de Gartner

Más tarde, han surgido otras dos siendo la veracidad y el valor.

4) *Veracidad*: conforme se acumulan datos, hay que comprobar la integridad de éstos ya que una decisión se puede ver alterada debido a su inexactitud. Es importante mantener una limpieza sobretodo cuando se logran grandes cantidades de datos.

5) *Valor*: el factor más importante de los datos es conseguir obtener valor a través de ellos. Por eso es importante utilizar herramientas de análisis que permitan, por ejemplo, saber los deseos del cliente, obteniendo conclusiones que aporten valor.

#### B. *Advanced Analytics*

Para definir la Analítica Avanzada también se usará la definición de Gartner [2]: “La Analítica Avanzada es el análisis autónomo o semiautónomo de los datos o el contenido utilizando técnicas y herramientas sofisticadas, típicamente más allá de las de la inteligencia comercial (BI) tradicional, para descubrir conocimientos más profundos, hacer predicciones o generar recomendaciones”. Las técnicas de Analítica Avanzada incluyen aquellas como la minería de datos/texto, el *Machine Learning*, la predicción, la visualización, el análisis de redes y clústeres, el análisis de gráficos, la simulación o las redes neuronales.

##### 1) *Machine Learning*

El *Machine Learning* o aprendizaje automático es la tecnología que permite que el sistema aprenda de los datos creando modelos e identificando patrones sin necesidad de intervención humana. Automatiza estas acciones de manera que el sistema pueda predecir escenarios futuros o tomar decisiones de manera autónoma.

#### C. *Inteligencia Artificial (IA)*

La Inteligencia Artificial es la capacidad de un ordenador o de un robot controlado por ordenador de realizar tareas

comúnmente asociadas a seres humanos. Estas tareas engloban procesos en los que es necesaria la capacidad de razonar, de generalizar o de aplicar experiencias, es decir, de tener un conocimiento más cotidiano.

#### D. *Realidad Virtual (RV) y Realidad Aumentada (RA)*

La Realidad Virtual consiste en la experiencia creada por computadora de un mundo que no existe, o sí existe, pero no es alcanzable por el ser humano en ese momento, por ejemplo, viajar a la Luna. La RV consiste en la inversión en nuevo entorno gracias a gafas de RV, auriculares y sensores.

La Realidad Aumentada, sin embargo, es una experiencia en la que se colocan objetos generados mediante ordenador en el mundo real, combinando ambos escenarios. Se puede, de esta manera, interactuar con el mundo real. Se combina tanto la imagen como el sonido en tiempo presente, es decir, conforme la imagen del mundo real cambia (el usuario se desplaza), se actualiza también la parte generada por ordenador.

#### E. *Smart Grids*

Una red inteligente es una red eléctrica que permite un flujo bidireccional de electricidad y datos con tecnología de comunicaciones digitales que permite detectar, reaccionar y actuar de manera proactiva ante los cambios en el uso y los múltiples problemas. Las redes inteligentes tienen capacidad de autorrecuperación y permiten que los consumidores de electricidad se conviertan en participantes activos.

Es un término que surge en el proceso de transformación del sistema eléctrico tradicional al sistema eléctrico inteligente donde tiene cabida la generación descentralizada o el cambio en los puntos de consumo de energías (por ejemplo, con la llegada de los vehículos eléctricos).

### III. APLICACIONES

Tras describir las tecnologías digitales presentes en este sector, se van a nombrar las aplicaciones principales con presencia de dichas herramientas: energía renovable, gestión flexible de la demanda, vehículo eléctrico y teletrabajo. Para evaluar el impacto que podría tener su utilización se utilizarán los resultados de las simulaciones realizadas en el Trabajo Fin de Máster

Escenario	1a		1b		1c	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Precio medio [%]	-10,4%	-74,9%	-31,0%	-65,8%	5,7%	-40,8%
ENS [%]	1234,5%	-85,3%	566,7%	-91,3%	95,2%	-69,0%
Vertidos [MW]	516.577	19.895.047	55.835.524	48.018.304	0	778.004
Emisiones [%]	-73,2%	-93,1%	-80,8%	-83,6%	-29,1%	-59,9%

Tabla 1. Parámetros de salida de escenarios de energía renovable

“Análisis de implicaciones de escenarios de generación y demanda para cumplir con los objetivos de emisiones en España”.

#### A. Energía renovable

Las energías renovables juegan un papel fundamental en el proceso de descarbonización al tratarse de una energía que procede de fuentes inagotables y no contaminantes. Sin embargo, la principal desventaja en el uso de estas tecnologías es el carácter imprevisible de generación de energía, ya que esas fuentes a pesar de ser inagotables también son incontrolables.

Lo cual es un gran obstáculo para las empresas generadoras de energía por dos motivos. En primer lugar, en el Mercado Eléctrico Español, se debe ofertar la energía con 24 horas de antelación y, en segundo lugar, la energía eléctrica no se puede almacenar, sino que debe ser consumida en el momento en el que se genera.

Además, en el modelo eléctrico español se aplican penalizaciones a los agentes si la energía ofertada (tanto de generación como de consumo) no se ajusta a la realidad (24 horas después).

Para paliar la diferencia entre energía ofertada y energía real se utilizan técnicas de predicción incluidas dentro de la Analítica Avanzada. Cuanto más precisa sea la predicción, más beneficios obtienen las empresas al operar con tecnologías renovables.

Con el objetivo principal de obtener una predicción más precisa, es necesario contar con una gran base de datos actualizada. Para lograrlo es vital la utilización de dispositivos conectados entre sí que recopilen y envíen información cada cierto periodo de tiempo. Por ejemplo, para realizar una predicción de la energía eólica de un parque en concreto, es necesario contar con los datos históricos (5-6 años) diezminutales de velocidad y dirección del viento de su ubicación. Para ello, se han tenido que instalar dispositivos que midan estos parámetros y envíen esta información a una central, que más tarde los utilizará para realizar una estimación futura. En este caso, y teniendo en cuenta el objetivo principal de la predicción, se obtienen otras ventajas derivadas de la utilización de *Big Data*, como puede ser un mantenimiento

predictivo [1]. Con la misma información ya recopilada se pueden crear modelos que predigan cuándo va a haber un fallo o qué acciones evitar para que no se produzca. Siguiendo con el ejemplo de la energía eólica, se puede predecir a qué velocidad y dirección del viento es mejor dejar sin operar un aerogenerador por tener una alta probabilidad de fallo evitando así desplazamientos de expertos, piezas de recambio y tiempo sin operación del molino, resultando en un gran ahorro económico. Además, con la implantación de mantenimiento preventivo se alcanza la máxima producción con un alto nivel de seguridad.

Es por ello, que la utilización de *Big Data* y Analítica Avanzada es de gran importancia en el proceso de instalación de energías renovables y el máximo aprovechamiento de estos recursos.

Para comprobar el efecto de la instalación de capacidad renovable en el sistema eléctrico español se van a analizar los resultados de las simulaciones de la Tabla 1 correspondientes con el TFM mencionado anteriormente. El escenario 1a acoge el mix energético propuesto por el PNIEC [3], en el que se instala capacidad renovable fomentando principalmente la energía eólica y el escenario 1b atiende al mix propuesto por Greenpeace [4] fomentando la energía solar térmica. Por último, el escenario 1c instala menos capacidad renovable impulsando las tres tecnologías (eólica, solar fotovoltaica y solar térmica) de forma similar.

Los porcentajes expresan la variación en el parámetro respecto al caso base, es decir, el caso en el que no se ha instalado capacidad renovable. En el caso de los vertidos, se ha proporcionado el valor absoluto ya que en el caso base no se producen.

Se observa en todos los casos de 2030 un gran aumento de Energía No Suministrada (ENS) lo que implica un problema de seguridad de suministro. En los mismos escenarios de 2030 existe una gran cantidad de vertidos, es decir, energía que se desaprovecha por no encontrar demanda que suplir. En estos casos se puede aprovechar la energía vertida para suplir la ENS si se aplican técnicas de almacenamiento acompañadas de herramientas digitales como el *Big Data* o el *Machine Learning* de

manera que funcionen de manera autónoma. De esta forma, se lograrían disminuir las emisiones ayudando en el proceso de descarbonización.

En el caso de 2050, se observa una reducción casi total de las emisiones contando con un sistema sobredimensionado, ya que se disparan los vertidos. Con el objetivo de lograr el mix futuro óptimo se pueden aplicar técnicas de Analítica Avanzada que ayuden a lograr un sistema equilibrado, impulsando así la energía renovable.

### B. Gestión flexible de la demanda

Otra de las palancas que intervienen en el proceso de digitalización es contribuir a que los consumidores no sean simplemente “abonados” sino que tengan un papel activo. Que sean capaces de modificar su perfil de consumo de manera que favorezca al sistema, incluso que sean capaces no solo consumir energía sino también de aportar energía al sistema.

El gran número de dispositivos de IoT que se menciona en la Introducción ha tenido un gran impacto en el ámbito de las residencias privadas, creando lo conocido como Smart Homes. Estos dispositivos permiten controlar desde bombillas hasta electrodomésticos desde un dispositivo remoto con acceso a internet. Hasta ahora, se había acotado su uso a la comodidad del usuario, sin embargo, existe la posibilidad de programar estos dispositivos para que el consumo de energía se haga en el momento más adecuado, es decir, cuando hay menos demanda agregada en el sistema [5].

Por ejemplo, si un usuario tiene una restricción de temperatura a una determinada hora, el sistema tiene dos opciones. La primera es calcular el tiempo necesario de calefacción para llegar a esa temperatura y activarse justo con ese tiempo de antelación, lo que produciría un consumo de energía elevado en esas horas. La segunda opción es conseguir esa temperatura unas horas antes y utilizar el tiempo sobrante para mantenerla. De esta forma el gasto elevado se produciría con mayor antelación mientras que en las horas previas a la restricción hablaríamos de un gasto mínimo de energía. Dependiendo del consumo y la generación presentes, el sistema tomaría esa decisión de manera autónoma.

Actualmente, existen dispositivos conocidos como *Smart Meters* o contadores inteligentes que envían la lectura eléctrica cada quince minutos a la central lo que ofrece un gran conocimiento de la demanda real en cada momento [6]. Sin embargo, generan una gran cantidad de información que debe ser almacenada y, sobretodo, gestionada para sacar el máximo valor posible de ella,

Parámetro	Disminución de la demanda residencial		Traslado de demanda de horas pico a horas valle	
	2030	2050	2030	2050
Año	2030	2050	2030	2050
Escenario 2a	10%	20%	10%	20%
Escenario 2b	20%	30%	10%	20%
Escenario 2c	10%	20%	20%	30%

Tabla 2. Parámetros de los escenarios de gestión flexible de la demanda

identificando qué porcentaje y qué dispositivo concreto podría ser considerado un dispositivo ‘flexible’.

Por otro lado, el cliente busca cada vez más un trato cercano y personalizado por parte de las compañías eléctricas, en el que se le indique cuál es la mejor tarifa, cómo ahorrar en su factura, cómo tener un consumo más eficiente o que se le avise cuando hay un evento inesperado como, por ejemplo, un consumo mayor del habitual [7]. Del mismo modo, el cliente quiere saber qué consumo tiene cada aparato y como poder gestionarlo para conseguir el mayor ahorro. Y todo esto quiere poder hacerlo en remoto desde una aplicación en tiempo real.

Además, con la llegada de la gestión eficiente de la energía será posible que los propios clientes tengan también la posibilidad de elegir cuándo quieren producir energía siempre que cuenten con sistemas de generación distribuida como paneles solar.

Toda la información de precios y consumo real se puede recopilar de forma relativamente sencilla. Sin embargo, hace falta *Big Data* para procesar la información de forma que esté disponible en todo momento y se pueda consumir por parte de los usuarios. Esto hará que el cliente no sea un simple “abonado” y se convierta en un cliente activo.

Este papel activo de los consumidores y la adaptación de la tecnología supone una inversión por parte de los usuarios y de las empresas que ofrecen servicios eléctricos. A pesar de ello, una consecuencia directa de la gestión flexible de la demanda sería un mayor aprovechamiento de las energías renovables, derivando en un menor precio de la energía en el Mercado Diario y una reducción de las emisiones. Es por ello, que la adaptación de tecnologías para la participación activa de los usuarios en el perfil de la demanda es una palanca clave en el proceso de descarbonización.

Los escenarios presentes en este apartado están diseñados en torno a dos parámetros: una disminución de la demanda

Escenario	2a		2b		2c	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Año	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Precio medio [€/MWh]	4,2%	-10,1%	4,0%	-28,8%	3,9%	-13,3%
ENS [MW]	119,3%	-75,2%	75,2%	-93,7%	41,5%	-75,3%
Emisiones [tCO2 eq.]	-7,9%	-10,5%	-15,7%	-16,1%	-7,8%	-10,4%

Tabla 4. Parámetros de salida de escenarios de gestión flexible de la demanda

residencial y el traslado de demanda de horas pico a horas valle. En cada escenario estos parámetros tienen una penetración diferente presentes en la Tabla 2. Por otro lado, en la Tabla 4 se encuentran los resultados de las simulaciones respecto al caso base, es decir, sin incluir disminución en la demanda ni traslado de ésta de horas pico a horas valle.

Por un lado, en 2030 aumenta la ENS en todos los casos, debido a que el nuevo perfil de demanda no se corresponde con las tecnologías de generación actuales. Por otro lado, en 2050 se consigue un alto descenso de ENS derivado del aumento de penetración en la gestión flexible de la demanda. Además, se ve acompañado de un descenso en el precio medio por MWh y de las emisiones por lo que se logra un sistema más accesible y fiable.

### C. Vehículo eléctrico

Con el desarrollo y el aumento del uso del vehículo eléctrico se va a producir un cambio en la demanda eléctrica. En primer lugar, habrá un aumento de demanda y, en segundo, habrá un cambio en el perfil ya que el uso de estos vehículos supone un nuevo uso de esta energía.

Además, será necesaria una inversión en la red de transporte y distribución para adaptarse a este nuevo consumo que se distribuirá por toda la geografía tanto por la instalación de cargadores en lugares privados como por el remplazo de las gasolineras actuales por “electrolineras”. Esta inversión será especialmente importante en el caso de las “electrolineras” porque principalmente instalarán puntos de recarga rápida, que son los más costosos, para adecuarse al hábito de repostaje de los usuarios.

No obstante, este aumento de demanda que sufrirá el sistema se puede aprovechar para obtener ventajas usando las nuevas tecnologías de dos maneras principales.

Primero, se puede desplazar el consumo de energía de la misma manera que se ha explicado en el ejemplo de la calefacción. Siguiendo unos patrones de uso y conexión adecuados, se podría cargar el vehículo eléctrico en el momento más adecuado para la red. Se lograrían así reducir los picos de demanda aprovechando al máximo la energía presente en cada momento, y evitando así los vertidos.

En segundo lugar, se pueden utilizar las baterías como almacenamiento, de forma que, habrá momentos en los que el vehículo eléctrico esté aportando energía a la red. Se podrán paliar los picos en la demanda evitando tener que realizar inversiones en la red de transporte y distribución ya que el consumo se encontrará en el mismo lugar que la fuente de generación (vehículo eléctrico). Esta segunda medida corresponde con lo denominado Vehicle-to-Grid (V2G), sistema en el cual el vehículo es capaz de devolver energía a la red eléctrica cuando tenga capacidad suficiente y se encuentre conectado.

Sin embargo, para lograr un efecto notorio en el sistema será necesario contar con un gran número de usuarios colaborando. La gestión de estos usuarios justifica el uso necesario de tecnologías de Analítica Avanzada, predicción y toma de decisiones autónoma.

Para lograr la colaboración por parte de los beneficiarios del vehículo eléctrico es necesario, además, hacerles partícipes del sistema, proporcionándoles herramientas de gestión mediante las cuales puedan conocer el precio de la energía en cada instante y decidir cuándo quieren cargar el vehículo (comprar energía) o descargarlo (vender energía). Esta acción conllevará la gestión de gran cantidad de datos en tiempo real: *Big Data*.

En este caso, los escenarios representan grados de penetración del vehículo eléctrico según dos modos de carga. Como se observa en la Tabla 3, los escenarios 3a y 3b cuentan con carga óptima, es decir, carga el vehículo en el momento menos costoso para el sistema atendiendo al nivel de energía y hora objetivo, y partiendo de los comportamientos de los consumidores respecto al uso del vehículo. El escenario 3c cuenta con *Vehicle-to-Grid* (V2G) que permite el consumo y la generación por parte del vehículo de forma óptima.

Escenario	Modo de carga	Penetración del VE	
		2030	2050
Escenario 3a	Óptimo	10%	35%
Escenario 3b	Óptimo	20%	50%
Escenario 3c	V2G	20%	50%

Tabla 3. Parámetros de los escenarios de vehículo eléctrico

Escenario	3a		3b		3c	
	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Año	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Precio medio [€/MWh]	17,9%	80,3%	53,3%	92,5%	25,9%	65,8%
ENS [MW]	4,2%	-60,8%	-20,6%	-48,3%	-27,7%	-91,9%
Vertidos [MW]	-41,9%	-47,8%	-65,3%	-60,0%	-67,8%	-65,1%
Emisiones [%]	9,3%	39,2%	20,9%	71,0%	22,5%	72,2%
Emisiones [tCO <sub>2</sub> eq.]	12.252.439	5.020.175	13.550.094	6.167.684	13.732.938	6.211.039
Emisiones evitadas [tCO <sub>2</sub> ]	245.158.021	858.053.072	490.316.041	1.225.790.103	490.316.041	1.225.790.103

Tabla 5. Parámetros de salida de escenarios de vehículo eléctrico

En los resultados presentes en la Tabla 5 se comprueba un mayor aprovechamiento de los recursos energéticos reduciendo la ENS y los vertidos en la mayoría de los escenarios. Es cierto que el precio de la energía aumenta, pero se vería equilibrado gracias a incentivos por la inclusión de estos modos de carga inteligentes. Además, se observa un aumento en las emisiones de CO<sub>2</sub> por parte de la generación eléctrica, sin embargo, si tenemos en cuenta las emisiones evitadas por el uso del vehículo eléctrico en lugar de un vehículo de gasolina o gasoil se comprueba como las emisiones netas son mucho menores.

#### D. Teletrabajo

En la situación actual, en la que España ha estado más de tres meses confinada por la crisis sanitaria global provocada por el coronavirus SARS-CoV-2 (COVID-19), se pone en manifiesto la necesidad de contar en las empresas energéticas con tecnologías digitales. Muchas empresas han podido continuar con su actividad, mientras que otras han tenido que prepararse rápidamente. Esto ha sido posible gracias a la implantación del teletrabajo y a la utilización de herramientas digitales.

El sector energético ofrece un bien fundamental para la población y, por ello, a pesar del teletrabajo, era de vital importancia el correcto funcionamiento de todos los activos presentes, desde las centrales de generación hasta la red de transporte y distribución para mantener la seguridad de suministro que le caracteriza. Ha sido posible continuar con la operación y mantenimiento de los activos gracias a la inversión realizada en los últimos años en digitalización de las compañías eléctricas. Las tareas necesarias se han realizado en remoto gracias a sensores conectados a la red, los contadores inteligentes o la realidad virtual [8].

El teletrabajo ha sido posible gracias a herramientas digitales como:

- Internet de las Cosas: ha permitido que los dispositivos de medida y actuadores de las centrales estén conectados a la red facilitando así la monitorización.

- Cloud: se ha podido consultar en tiempo real la información de esos dispositivos, así como enviar órdenes a los actuadores desde una posición remota. Además, se han podido compartir archivos con el resto de compañeros de la empresa eficientemente.
- Realidad Virtual: ha conseguido que se puedan comunicar de manera eficiente dos personas con localizaciones lejanas para llevar a cabo tareas manuales.
- Analítica Avanzada: ha permitido conocer si algún trabajo de mantenimiento programado podía ser realizado posteriormente sin afectar al rendimiento del activo.

Se puede comprobar cómo, gracias a la inversión en herramientas digitales, ha sido posible mantener la operación de un sector imprescindible para la economía española.

## IV. CONCLUSIÓN

El Consejo Mundial de la Energía define la sostenibilidad energética atendiendo al equilibrio de tres dimensiones: la seguridad energética, la igualdad energética y la sostenibilidad medioambiental [9].

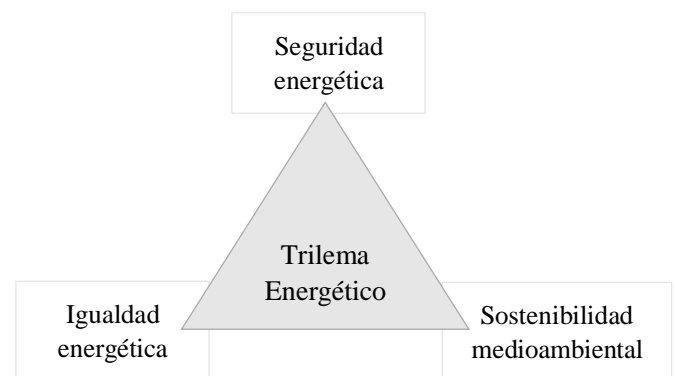


Figura 2. Dimensiones del trilema energético

En primer lugar, la seguridad energética define la capacidad de un sistema de satisfacer la demanda actual y



futura de manera fiable, recuperándose de la forma más rápida de las perturbaciones que puedan surgir.

La inclusión en el sistema de tecnologías que permitan lograr una mayor flexibilidad como la gestión flexible de la demanda derivarán en un mayor control de la energía y un sistema más fiable y eficiente. Además, con la implantación de técnicas de mantenimiento preventivo se evitarán problemas que puedan poner en riesgo la seguridad de suministro.

En segundo lugar, la igualdad energética evalúa la capacidad del sistema de ofrecer acceso universal de energía tanto en el ámbito doméstico como el comercial. Incluye la disponibilidad de electricidad a precios asequibles.

Como se ha comprobado, la instalación de energía renovable en el sistema tendrá un impacto directo en el precio de ésta debido al bajo coste de operación de las tecnologías.

Por otro lado, con la inclusión de herramientas digitales se puede tener control sobre el consumo energético particular, programando ciertos consumos en los momentos de menor coste.

Por último, la sostenibilidad medioambiental representa la transición hacia un sistema energético que evite la contaminación. Esta dimensión se centra en el rendimiento de la generación, la descarbonización y la calidad del aire.

En todas las aplicaciones mencionadas se consiguen disminuir las emisiones ayudando en el proceso de descarbonización. La energía renovable evita las emisiones derivadas de otras tecnologías de generación como son las centrales térmicas; la gestión flexible de la demanda optimiza el consumo reduciendo los picos, lo que implica que el sistema no tenga que contar con una alta capacidad instalada; y el vehículo eléctrico reduce enormemente las emisiones debido al uso de energía eléctrica como combustible.

La introducción de todas estas aplicaciones no es efectiva si no se utilizan las herramientas digitales de *Big Data*, y Analítica Avanzada.

#### REFERENCIAS

[1] S. Lorenzo, «Uso del Big Data en empresas eléctricas,» Navarra, 2013.

[2] Gartner, «Advanced Analytics,» [En línea]. Available: <https://www.gartner.com/en/>. [Último acceso: 06 2020].

[3] Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, «Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (2021-2030),» Madrid, 2020.

[4] Greenpeace, «Renovables 2050. Un informe sobre el potencial de las energías renovables en la España peninsular.,» Madrid, 2005.

[5] J. Fábregas, J. Luna-Romera, J. Riquelme, A. Arcos-Vargas y J. Tejedor, «Análisis Big Data para la Respuesta a la Demanda en el Mercado Eléctrico,» Granada, 2018.

[6] A. Delgado, B. Crisóstomo y M. L. Cruz, «Transformación Digital en la Industria Eléctrica,» Madrid.

[7] M. T. González, «La transformación digital en el sector eléctrico,» Madrid, 2016.

[8] Club Nacional de la Energía, «Digitalización en el sector energético español,» Madrid, 2020.

[9] World Energy Council, «Energy Trilemma Index,» [En línea]. Available: <https://trilemma.worldenergy.org/#!/energy-index>. [Último acceso: 07 2020].