



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**EL FUTURO DEL SISTEMA
ELÉCTRICO**

*HACIA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y LAS
REDES INTELIGENTES*

Alumno: Juan Antonio Bullón Piña

Tutor: D. Bernardo Almonacid Cruz

Dpto: Ingeniería Eléctrica

Septiembre, 2020



Universidad de Jaén
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

EL FUTURO DEL SISTEMA ELÉCTRICO

*HACIA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y LAS
REDES INTELIGENTES*

Alumno: Juan Antonio Bullón Piña

BULLON PIÑA
JUAN ANTONIO
- 15518363X

Firmado digitalmente
por BULLON PIÑA JUAN
ANTONIO - 15518363X
Fecha: 2020.09.06
13:41:33 +02'00'

Dpto: Ingeniería Eléctrica

Tutor: D. Bernardo Almonacid Cruz

Firma Visto Bueno de la Defensa:

ALMONACID
CRUZ
BERNARDO -
26008992V

Firmado digitalmente por ALMONACID
CRUZ BERNARDO - 26008992V
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES,
serialNumber=IDCES-26008992V,
givenName=BERNARDO,
sn=ALMONACID CRUZ,
cn=ALMONACID CRUZ BERNARDO -
26008992V
Fecha: 2020.09.06 22:54:19 +02'00'

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	6
OBJETIVOS	7
1. HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA.....	9
2. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL E INTERNACIONAL.....	12
2.1. ¿QUÉ ES EL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL?	12
2.2. RED ELÉCTRICA INTERNACIONAL (REI)	13
3. PANORAMA ENERGÉTICO ESTATAL, EUROPEO Y MUNDIAL.....	15
3.1. ESTADO ENERGÉTICO ESPAÑOL SEGÚN ESTADÍSTICAS BP	15
3.2. ESTADO ENERGÉTICO EUROPEO POR IEA	16
3.3. ESTADÍSTICAS MUNDIALES DE ENERGÍA DE BP.....	17
3.4. SEGÚN LA AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA (IEA)	20
4. FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL.....	24
5. EXPECTATIVAS FUTURAS DEL COMBUSTIBLE FÓSIL.....	28
6. TASA DE RETORNO ENERGÉTICO.....	35
7. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS.....	38
7.1. MODELO DE DESARROLLO SOSTENIBLE	38
7.2. LOS 17 OBJETIVOS EN LA NUEVA AGENDA DE LA ONU.....	39
7.3. PLAN DE FUTURO PRESENTADO POR ESPAÑA.....	41
7.3.1. REDUCCIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO	41
7.3.2. ENERGÍA PRIMARIA.....	42
7.3.3. POTENCIA INSTALADA Y GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD	42
7.3.4. ENERGÍA FINAL (KTEP).....	43
8. ESTADO DEL ARTE DE LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y LAS REDES INTELIGENTES	45
8.1. LA NECESIDAD DE RENOVAR LA RED ELÉCTRICA.....	45
8.2. ¿QUÉ ES LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA?	46
8.3. SMART GRIDS	47
8.3.1. OBJETIVOS Y VENTAJAS DEL SMART GRID	48
8.3.2. CARACTERÍSTICAS Y ASPECTOS CLAVE DE LAS SMART GRIDS.....	48
8.3.3. EL CONSUMIDOR GENERADOR	49

8.3.4.	LA SEGURIDAD DEL SMART GRID	49
8.3.5.	EFICIENCIA Y FIABILIDAD	50
8.3.6.	SOSTENIBILIDAD Y EL VEHÍCULO ELÉCTRICO	50
8.3.7.	BARRERAS EN EL DESARROLLO DEL SMART GRID	51
8.4.	ARQUITECTURA Y COMPOSICIÓN DE UNA SMART GRID	51
8.4.1.	ARQUITECTURA ENERGÉTICA DE UNA SMART GRID	53
8.5.	MICRO REDES INTELIGENTES	55
8.5.1.	PRINCIPALES ELEMENTOS BÁSICOS QUE COMPONEN LAS MICRO REDES	55
8.6.	PRINCIPALES TECNOLOGÍAS IMPLICADAS	56
8.6.1.	TICS: TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES	56
8.6.2.	CONTADORES INTELIGENTES	56
8.6.3.	SENSORES	57
8.6.4.	SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO	57
8.7.	ELECTRÓNICA DE POTENCIA EN SMART GRID	60
8.8.	REDES DE COMUNICACIÓN EN LAS SMART GRID	61
9.	NIVEL DE IMPLANTACIÓN EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y SMART GRID EN ESPAÑA...	64
9.1.	NORMATIVA Y REGULACIÓN ESPAÑOLA	64
10.	MEDIDAS A CORTO Y MEDIO PLAZO HACIA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	67
10.1.	INTRODUCCIÓN A LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	67
10.2.	GENERACIÓN DISTRIBUIDA, POTENCIAL DE CRECIMIENTO EN ESPAÑA	67
10.2.1.	MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA	68
10.2.2.	TURBINA DE GAS	68
10.2.3.	MINI-HIDRÁULICA	69
10.2.4.	EÓLICA	70
10.2.5.	SOLAR TÉRMICA	70
10.2.6.	SOLAR FOTOVOLTAICA	70
11.	CAMINOS EN DESARROLLO Y BARRERAS PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	73
11.1.	FACTORES EN DESARROLLO	73
11.2.	BARRERAS EN LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	74
12.	INICIATIVAS EN ESPAÑA Y EL MUNDO HACIA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA	76
12.1.	FINANCIACIÓN DE PROYECTOS	76
12.2.	ESPECIFICACIONES PARTICULARES DE REDES INTELIGENTES EN ESPAÑA	77
12.3.	PROYECTOS TIPO DE I-DE SMART GRID, SAU EN ESPAÑA	78
12.4.	LOS PROYECTOS ENERGÉTICOS MÁS INNOVADORES DE IFEMA 2020	79
12.5.	PROYECTOS FOTOVOLTAICOS DE GRAN ENVERGADURA EN ESPAÑA	80

12.6	LOS PROYECTOS MÁS IMPORTANTES E INNOVADORES DEL MUNDO	81
13.	DISEÑO DE VIVIENDA DE AUTOCONSUMO CON ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA Y CONEXIÓN A RED.....	85
13.1.	OBJETIVOS DE DISEÑO Y VIABILIDAD	85
13.2.	EMPLAZAMIENTO DE LA VIVIENDA AISLADA	85
13.3.	PREVISIÓN DE POTENCIA.....	86
13.4.	SOLUCIÓN TÉCNICA	86
13.5.	PANEL SOLAR.....	87
13.5.1.	CÁLCULOS DE INCLINACIÓN DEL MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	87
13.5.2.	CALCULO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN CON CONEXIÓN A RED.....	89
13.5.3.	CÁLCULO ESTIMADO DE PRODUCCIÓN VIVIENDA AISLADA.....	89
13.6.	INVERSOR	90
13.7.	ESTRUCTURA	91
13.8.	BATERÍAS	91
13.9.	RENTABILIDAD.....	92
13.9.1.	DATOS DE ENTRADA PARA EL CÁLCULO:.....	92
13.10.	CÁLCULOS ELÉCTRICOS.....	93
13.10.1.	CÁLCULO DE SECCIÓN EN CIRCUITO DISTRIBUCIÓN DE HUERTO.....	93
➤	CRITERIO TÉRMICO:.....	93
➤	CAÍDA DE TENSIÓN EN VOLTIOS:.....	93
13.10.2.	PUESTA A TIERRA EN VIVIENDA	93
PLANOS:		
1º.	PARCELA, ELECTRIFICACIÓN VIVIENDA Y HUERTO.....	95
2º.	INSTALACIÓN ELÉCTRICA VIVIENDA Y PISCINA.....	96
3º.	CUBIERTA Y DISPOSICIÓN DE MÓDULOS.....	97
4º.	ESQ. ELECT.UNIFILAR VIVIENDA.....	98
5º.	ESQUEMA UNIFILAR FV	99
6º.	ESQUEMA CARLO GAVAZZI.....	100
7º.	PRESUPUESTO.....	101
CONCLUSIONES		102
BIBLIOGRAFÍA.....		105
WEB GRAFÍA.....		105
FIGURAS Y TABLAS.....		110

Agradecimientos

Trabajo de Fin de Grado en Ingeniería Eléctrica Industrial, centrado en la generación distribuida y el futuro de las redes inteligentes, orientado hacia un futuro más limpio reduciendo cada día las emisiones de efectos contaminantes a la atmósfera.

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo de buenos compañeros que esta etapa de mi vida me ha dado la Universidad Politécnica Superior de Linares, profesores y profesoras que me han ayudado día tras día a conseguirlo, por el apoyo en todo momento y comprensión hacia mí, pero también aquellos amigos que conocí fuera de la universidad, compartiendo hobbies y haciendo que fuese más ameno estos grandes años.

Gracias a mi familia, mis padres, mi hermano, mi tío y abuela que han estado tan cerca para apoyarme, pero sin olvidarme de aquellos que no tuve cerca y al igual lo hicieron. A pesar de haberme soportado ratos de frustración y enfados, gracias a todos, porque sin vosotros no lo hubiese logrado.

En este capítulo de agradecimientos no puedo dejar de nombrar a mi tutor Bernardo, el cual me ha ayudado con mi trabajo, aconsejándome y apoyándome en lo que me ha hecho falta; además, a los integrantes de Ingeniería MASRED, en la que actualmente estoy trabando y en la que me han enseñado todo lo que saben, incluyendo un plus a este proyecto enfocado a las energías renovables como son las fuentes fotovoltaicas.

GRACIAS.

Objetivos

1. Radiografía actual del sistema eléctrico español identificando puntos fuertes y debilidades.
2. Estado del arte de la generación distribuida y las redes inteligentes.
3. Nivel de implantación de la generación distribuida y Smart Grid en España.
4. Medidas a corto y medio plazo para acercar nuestro sistema a la generación distribuida.
5. Iniciativas en España y el mundo hacia la generación distribuida.
6. Ejemplo de aplicación: diseño de una vivienda unifamiliar en autoconsumo energético con almacenamiento de energía con posibilidad de conexión a la red.

HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA

1. Historia de la Tecnología Eléctrica

Actualmente la tecnología eléctrica está muy respetada en el ámbito industrial, residencial y doméstico; su historia sin embargo es relativamente reciente, comenzando en el siglo XIX y desarrollándose a partir de la base científica, experimental y teórica estudiada en ese siglo.

El físico italiano Alessandro Guiseppe Antonio Anastasio Volta logró demostrar con éxito en 1800 el funcionamiento de la primera pila eléctrica ante Napoleón, que reconoció su trabajo y nombró en su honor la unidad de medida como Voltio.

La inspiración de Volta provino de la electricidad estática que, en 1780, Luigi Galvani experimento con un tejido muscular de un animal en contacto con dos metales distintos al originarse una pequeña corriente.

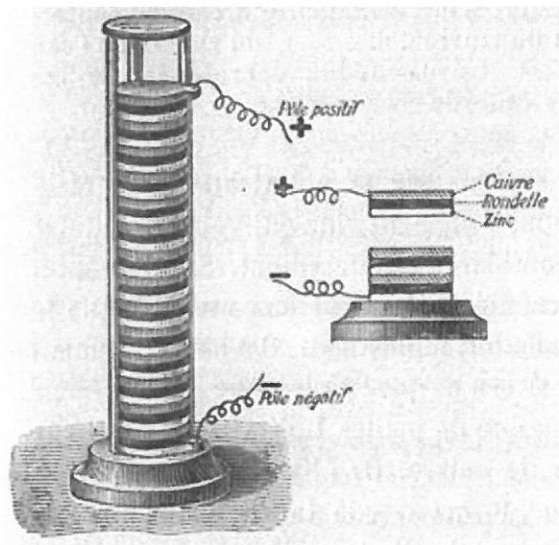


Figura 1. Primera Pila de Alessandro Volta, 1800, Gillard – *Leçons de Physique*. Vuibert et Nony

82 años después de la invención de la pila, Thomas Alva Edison iluminó la calle Pearl en Nueva York; utilizando 6 generadores de corriente continua con una potencia de 900 CV y 7.200 bombillas de su propia invención, reconociéndose como el primer sistema de distribución de energía eléctrica.

Debido al enorme potencial que supuso la energía eléctrica además de técnico y económicamente, la carrera por su control y utilización fue imparable los años posteriores, entre 1882 y 1895 se hicieron gran cantidad de avances tecnológicos como el de Josiah Willard Gibbs y Lucien Gaulard con la patente del transformador; mejorándolo un año después los ingenieros Deri, Blathi y Zypernowski. En 1886 se realiza el primer sistema de alumbrado público en corriente alterna en Great Barnington (EEUU) y en 1888 Nikola Tesla inventa y patenta el primer motor de inducción; siendo George Westinghouse quien compra la patente, además de la patente de mejora del transformador de los ingenieros. [1]

Entre los siglos XVII y XIX, científicos, físicos, químicos, matemáticos e ingenieros de distintos países del mundo investigaban desde la electrostática y el magnetismo hasta la

invención del radar y la frecuencia modulada. Siendo los años 1888 y 1889 los que tuvieron una auténtica guerra tecnológica y comercial, ya que debían afrontar problemas en los sistemas eléctricos. Los sistemas de corriente continua presentaban grandes ventajas al estar más desarrollada en aquel momento; pero presentaba el inconveniente de grandes pérdidas por efecto Joule cuanto mayor potencia de demanda había, para minimizar en lo posible esas pérdidas se debían instalar los generadores cerca de la zona que alimentaban.

Una de las ventajas que supuso la corriente alterna en las redes fue la transportación de corriente desde las centrales generadoras instaladas muy lejos de los consumidores; gracias a los transformadores y avances de la industria de motores de inducción que podían elevar la tensión según la necesidad que hubiese.

La primera referencia en España consta de 1852, cuando el farmacéutico Domenech en Barcelona iluminó su botica empleando un método de su invención; en Madrid ese mismo año se hicieron pruebas con pilas galvánicas en la plaza de la Armería y en el Congreso de los Diputados.

En 1873 se instalaron las primeras dinamos en la Escuela de Ingenieros Industriales en Barcelona, y justo dos años después en la máquina de vapor de la fragata Victoria; entonces, comenzaba la electrificación industrial del País. En 1878 fue cuando se instaló la primera central eléctrica para iluminar la Puerta del Sol en Madrid y los jardines del Retiro; Gerona en 1886 fue la segunda ciudad en estar totalmente iluminada.

El desarrollo de la tecnología tomó tanto auge que en 1885 se publicó el primer decreto que ordenaba las instalaciones eléctricas, prohibiendo 3 años después el alumbrado de gas y autorizando las de aceite solo para sistemas de emergencia. [2]

Desde finales del siglo XIX y en todo el siglo XX, el avance tecnológico de la sociedad ha ido cogido de la mano del crecimiento de los sistemas eléctricos, de hecho, hoy en día vemos el desarrollo de un país por su consumo de energía eléctrica.



Figura 2. Guerrero, A. *Primeras luces de Madrid*, ACTA, Puerta del Sol 24 de enero 1878.

INTRODUCCIÓN AL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL E INTERNACIONAL

2. Introducción al Sistema Eléctrico Español e Internacional

2.1. ¿Qué es el Sistema Eléctrico Español?

Red Eléctrica de España (REE) [3], Nacido el 29 de enero de 1985 la primera compañía del mundo dedicada a la operación del sistema eléctrico y transporte de energía (TSO). La misión del mercado eléctrico español es la de operar en el sistema y asegurar el perfecto funcionamiento del suministro eléctrico garantizando en todo momento la seguridad y continuidad del suministro de energía eléctrica.

REE gestiona toda la red de transporte de energía, comenzando con una red de 10.500 km de alta tensión, en la que una década después se consolida con la toma de control de redes adquiridas, el desarrollo y expansión de la red de transporte tanto a nivel estatal como interestatal; más de 30 años después forma una red interconectada con más de 44.000 km de líneas eléctricas, tanto aérea y subterránea sin contar la red submarina Península-Balear, dos cables de potencia y uno de retorno con una longitud de 237 kilómetros a una profundidad de 1.485 metros; también la conexión Mallorca-Ibiza, reforzando la seguridad del suministro y eficiencia además de reducir costes de generación y emisiones de CO₂,

La infraestructura de las islas canarias fue impulsada por energías renovables como las centrales hidroeléctricas reversibles, con potencias de 200 MW garantizando una mayor seguridad, eficiencia y más respetuoso con el medio ambiente. La interconexión entre islas fue un gran desarrollo en la red eléctrica española, ya que el apoyo mutuo entre sistemas y la mejora del mallado de red garantizó el suministro en caso de averías aportando seguridad; además de la integración de las energías renovables.

A partir del año 2000 se incrementó bastante el ritmo inversor de la compañía en el desarrollo y expansión de las redes de transporte; además de lo anteriormente nombrado del enlace península-balear y la integración de las renovables en canarias, también invirtió en la expansión internacional, invirtiendo en la compañía peruana REDESUR que fue el primer paso hacia la Red Eléctrica Internacional (REI); seguidamente de la compañía Transportadora de Electricidad (TDE) en Bolivia.

En esta década también se realizaron proyectos internacionales con el segundo cable de conexión con Marruecos, y en 2008 se crea INELFE, una sociedad mixta entre Francia y España para la interconexión de redes de transporte.



Figura 3. Logotipo Red Eléctrica de España. Recuperado de REE [3]

2.2. Red Eléctrica Internacional (REI)

Gracias a los distintos filiales que constituyen REI [4], el grupo Red Eléctrica está presente en América del Sur desde 1999; en concreto Perú y Chile con el propósito de construir y explotar las redes de transmisión de energía, con más de 2.635 kilómetros de infraestructuras [5].

REDESUR, concesión hasta 2029 con niveles de tensión 220 kV, 138 kV y 66 kV recorriendo Arequipa, Moquegua, Tacna y Puno con una longitud de 427,7 kilómetros aprox. Con líneas de costa de 645 m.s.n.m. en Tacna y zonas de sierra de hasta 4.127 m.s.n.m. en zona de sierra en Puno.

REDELNOR, líneas de transmisión de 220 kV en las regiones de Cajamarca, Amazonas y San Martín, con una longitud de 372 km de circuito eléctrico, además de una conexión entre Ecuador y Perú, con 285 km y 351 km de recorrido respectivamente. Ampliándose las subestaciones Pasaje y Piura Nueva, en las fronteras.

Red Eléctrica Internacional en Perú
1.686 km

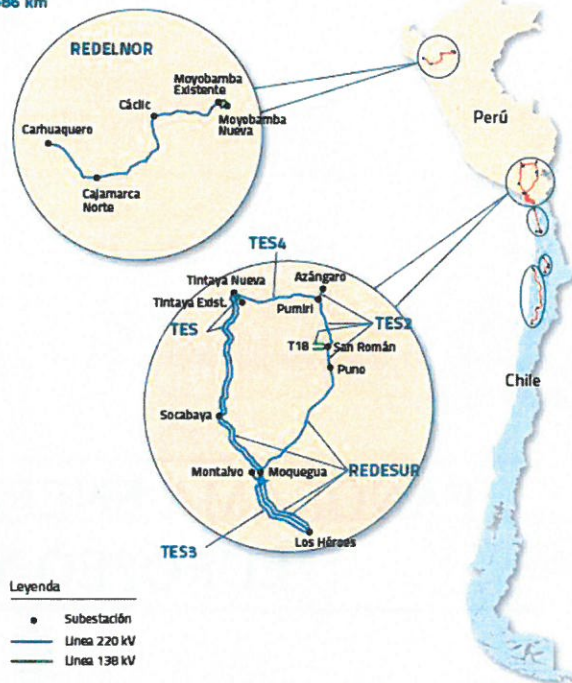


Figura 4. Mapeo de redes eléctricas en América del Sur, Perú y Chile [4]

Gracias a los aportes económicos y de desarrollo de estos activos filiales en Latinoamérica, Red Eléctrica pasará a formar parte de una red de circuitos de 1.686 km en Perú y 1.729 km que gestionará en Chile, reforzando así el abastecimiento de red de alta tensión en ambos países y asegurando el mantenimiento y suministro en cada momento; además de fortalecer el desarrollo de una red de transporte fiable que contribuya al progreso técnico, económico y social.

Una de las medidas a largo plazo por REI, es el compromiso de sostenibilidad al 2030 con 4 prioridades:

- Anticipación y acción para el cambio; impulsando la innovación y crecimiento.
- Descarbonización de la economía; integración de energías renovables.
- Cadena de valor responsable; transmitir el compromiso a toda cadena de valor
- Contribución al desarrollo del entorno; conservación del medio ambiente.



Figura 5. Logotipo Red Eléctrica Internacional, Recuperado de REI [4]

PANORAMA ENERGÉTICO ESTATAL,
EUROPEO Y MUNDIAL

3. Panorama Energético Estatal, Europeo y Mundial

3.1. Estado Energético Español según Estadísticas BP

A pesar de las estadísticas mundiales respecto a las emisiones de CO₂, España ha tenido un año de descenso de emisiones debido a la creciente producción de energía hidráulica.

Este año las estadísticas energéticas de BP mostraron un aumento del 1,8% del consumo eléctrico manteniendo la tendencia desde 2015; además de una reducción de emisiones en un 1,6% debido a los buenos datos de precipitaciones; el consumo de las centrales hidroeléctricas supuso un aumento del 87,4%, representando un 5,6% del total de energía consumida respecto al récord negativo del 3% del año anterior.

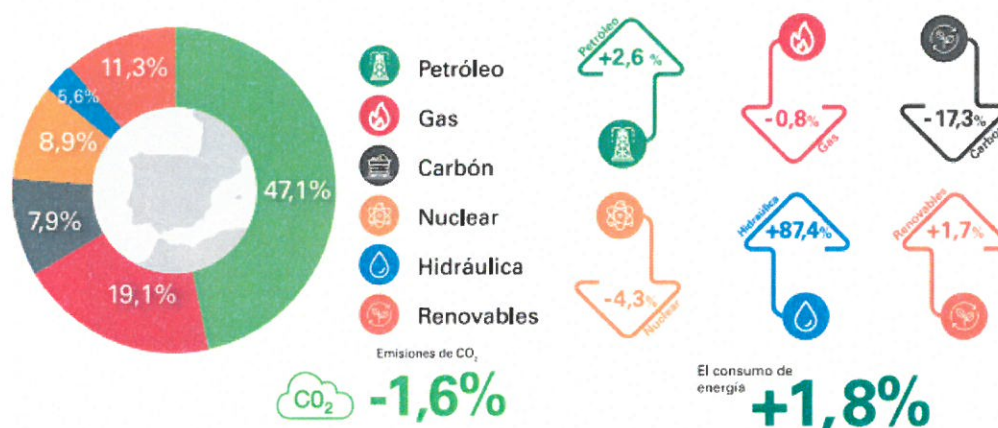


Figura 6. Mix de energía primaria en España 2018 respecto a 2017, BP Statistics Review [6]

El sustituto en la escasez de energía hidroeléctrica el año anterior como fue el carbón, este año de aumento le ha supuesto un descenso del 17,3%; y también el gas y la energía nuclear en un 0,8% y 4,3% respectivamente.

Las energías renovables en el parque generador en España en 2019 representan el 49,3%, siendo la demanda total nacional de 264.843 GWh, un 1,5% inferior que en 2018. Siendo un 36,8% la electricidad generada en nuestro país en el parque renovable y un 58,6% fue libre de emisiones a la atmósfera [3]. Las fuentes más estables generando energía siguen siendo año tras año las centrales eólicas y fotovoltaicas.

Respecto al intercambio internacional energético, el sistema peninsular en 2019 acaba con un saldo importador con 18.758 GWh, un 41,1% menos que el año anterior, y una exportación de 12.219 GWh. El primer año que España compra más energía de la que vende; debido posiblemente al impuesto al CO₂, que pasó de 5€/Tn a 30€/Tn.

La Carrera de la energía renovable en España ha seguido un curso creciente tras los años; pero sin alcanzar los propósitos establecidos para 2020 con un 20% de la energía consumida procedente de estas fuentes, igualándose con la UE y estableciéndose un 17,5% en 2019. [7]

3.2. Estado Energético Europeo por IEA

En 2019 según la OCDE la producción energética en Europa fue de 3.488,7 TWh, disminuyendo un 1% respecto al año anterior. La producción de renovables creció un 5,7% teniendo una participación en la generación total de energía de un 39,8%; aunque solo un 17,5% de la energía fue consumida de fuentes renovables; y un 60,2% de generación de las no renovables.

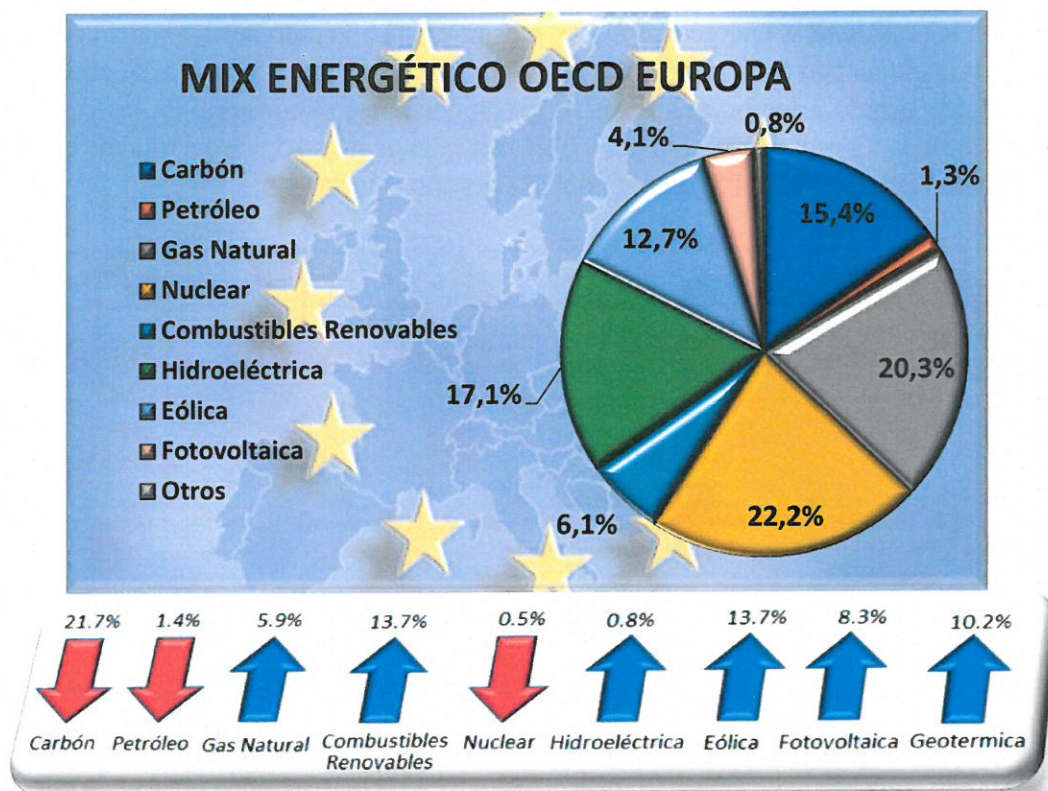


Figura 7. Elaboración Propia. Mix Energético de OCDE en Europa [8]

A pesar de estar liderado aún por la producción de nuclear este año se ha visto descendido un 0,5%, debido al mantenimiento programado o revisiones periódicas de algunas centrales ya que son muy antiguas; además del cierre temporal de tres reactores de los cuatro que tiene la central nuclear de Cruas Meysse (Francia) tras el terremoto de intensidad 5,4 en la escala de Richter el 11 de noviembre de 2019.

Respecto a los combustibles renovables nos referimos a los biocombustibles sólidos, biogás, biocombustibles líquidos o residuos municipales renovables. La electricidad generada por mareas, olas, océanos y otras fuentes no combustibles son la categoría "Otros" (ver figura 7).

El viento en alta mar está ganando velocidad en el desarrollo; las reducciones en costos y la experiencia en el norte de Europa en la generación de energía a través de la eólica marina están abriendo un enorme recurso renovable que ha levantado cierto interés en países como China y Estados Unidos entre otros.

La energía eólica marina tiene potencial para cubrir la demanda actual de electricidad; tiene factores de capacidad más altos que la energía fotovoltaica y eólica terrestres gracias a las turbinas cada vez más grandes que aprovechan mejor la velocidad del viento.



Figura 8. Eólica Marina, imagen: Sea of Innovation Cantabria 2019

Otro aspecto positivo es la bajada considerable del carbón, pudiendo ser culpable el gran crecimiento de las fuentes renovables como las eólicas y fotovoltaicas que han ido creciendo año tras año; también el aumento de la hidroeléctrica a pesar de la dependencia climatológica que estas centrales poseen, este pasado año alcanzaron un aumento de su producción en un 59% respecto a 2018.

3.3. Estadísticas Mundiales de Energía de BP

La empresa BP representa la más exhaustiva recopilación y análisis de datos energéticos mundial; la edición anual n°68 de 2019 [9], destaca el crecimiento divergente entre la demanda de la sociedad para reducir el cambio climático y el ritmo real hacia una reducción de emisiones de carbono.

- Tanto la demanda energética como las emisiones de CO₂ crecieron un 2,9% y 2% respectivamente en 2018, crecimiento más rápido en 8 años.
- En 30 años se incrementó más de un 5% el consumo y producción del gas natural.
- Solo un tercio del aumento de energía consumida en el mundo fue de las fuentes renovables, creciendo un 14,5%.
- A pesar de la disminución del consumo y producción de carbón entre 2014 y 2016, este año aumentaron 1,4% y 4,3% respectivamente.
- Estados Unidos, como el mayor productor de petróleo y gas natural.

Spencer Dale, economista jefe de BP dijo:

"Existe una falta de concordancia cada vez mayor entre las demandas de la sociedad para la acción contra el cambio climático y el ritmo real de progreso, con la demanda de energía y las emisiones de carbono creciendo a su ritmo más rápido en años. El mundo está en un camino insostenible".

"Cuanto más tiempo sigan aumentando las emisiones de carbono, más difícil y costoso será el ajuste necesario para lograr la emisión cero de carbono en términos netos", concluyó Bob Dudley, CEO de BP. "Como he dicho antes, ésta no es una carrera hacia las energías renovables, sino una carrera para reducir las emisiones de carbono en muchos frentes".

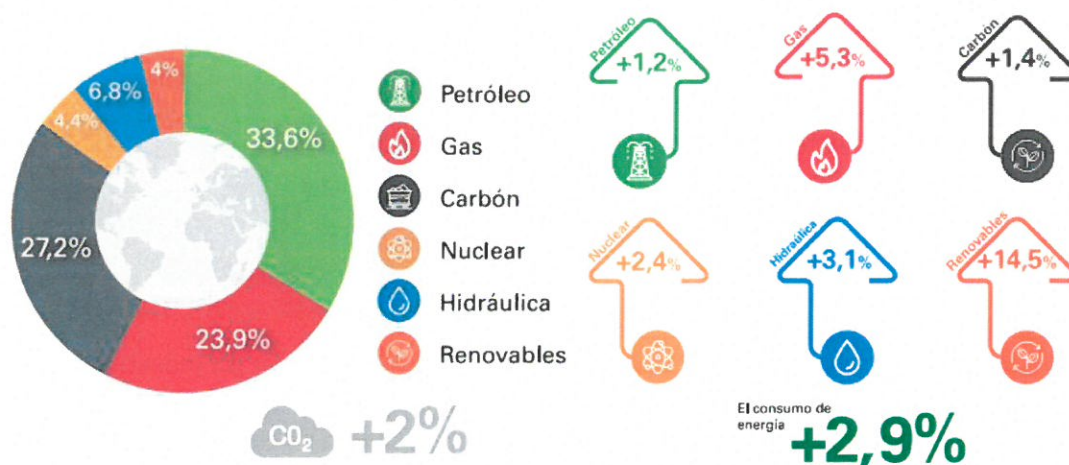


Figura 9. Porcentaje del mix de energía primaria mundial 2018 respecto a 2017 [6].

Una de las posibles razones de este incremento de demanda energética podría estar relacionada con el número inusual de días calurosos y días fríos en 2018; a pesar de haber sido solo US, China y Rusia los países de estudio climático, pero representan ya casi una cuarta parte del crecimiento de la demanda, respecto al incremento de emisiones de CO₂ puede estar relativamente proporcionado al aumento de casi un tercio de automóviles en el planeta.

El aumento de las emisiones de carbono conduce a mayores efectos climáticos, es decir, mayores días de calor y mayores días de frío, en consecuencia, para paliar esos días la demanda energética aumenta y mayor índice de emisión, eso podría conducir a un círculo vicioso en el que tanto el consumo como las emisiones aumentan año tras año. Esto significa que nos estamos alejando de los objetivos climáticos de París, y la necesidad urgente de un cambio para encaminarnos hacia el protocolo de Kioto lo antes posible.

Respecto al petróleo, la materia prima más utilizada tuvo una demanda estable; alrededor de 1,4 millones de barriles por día teniendo una producción mucho mayor, 2,2 millones de barriles por día siendo más del doble de su promedio en diez años. Casi todo el crecimiento provino de los EE.UU. y la OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo) trató de estabilizar el mercado a través de unos complicados acuerdos ya que se redujo la producción en Irán y Venezuela y un incremento de producción en Libia y Nigeria.

Estados Unidos ha transformado por completo su economía y la dinámica energética de todo el mundo, ya que ha crecido las tasas más rápidas jamás vistas y por cualquier país en la historia; obteniendo un crecimiento de 2,2 millones de barriles por día y 86 mil millones de metros cúbicos de gas natural, ambos aumentos podrían venir de la revolución del país en los últimos años.

El gas natural tuvo un año de bonanza ya que tanto la demanda como la oferta crecieron más del 5%, una tasa de crecimiento no vista en más de 30 años; este crecimiento representó casi el 45% de toda la energía en 2018, dada la mayor parte de demanda en EEUU y China; también hay cambio masivo de carbón a gas en el estado asiático impulsado por políticas ambientales para intentar mejorar la calidad del aire.

Después de tres años consecutivos de descenso de consumo de carbón, aumentó por segundo año consecutivo, orientando su consumo únicamente en el sector eléctrico; el

sector renovable no creció lo suficiente, así que el carbón fue utilizado como combustible de equilibrio.

La energía renovable continuó creciendo más de un 14%, liderada por la energía eólica y solar, que mayor parte se concentró en China, donde el crecimiento de la generación renovable fue más que la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico)

La demanda global de energía sigue continuando creciendo fuertemente cada año a medida que el mundo crece eléctricamente, y por eso se enfrenta a uno de los desafíos del mercado mundial, la descarbonización en la transición de este crecimiento para tener un sistema bajo en carbono.

Como conclusión en estas estadísticas de BP y mensaje, es la importancia del desarrollo y crecimiento de las energías renovables, a pesar de que probablemente sean insuficientes y requieren de otros combustibles y tecnologías, pero ayudarían a la descarbonización del planeta, incluyendo el cambio generalizado de carbón a gas y el uso creciente de la captura, uso y almacenamiento de carbono CCUS.

El CCUS permite tanto acceder a las reservas de combustibles fósiles como evitar casi en un 90% las emisiones a la atmósfera, el carbono se almacena en depósitos geológicos, como los agotados de gas natural, o de petróleo con gran potencial para en un futuro la recuperación mejorada del petróleo (EOR)

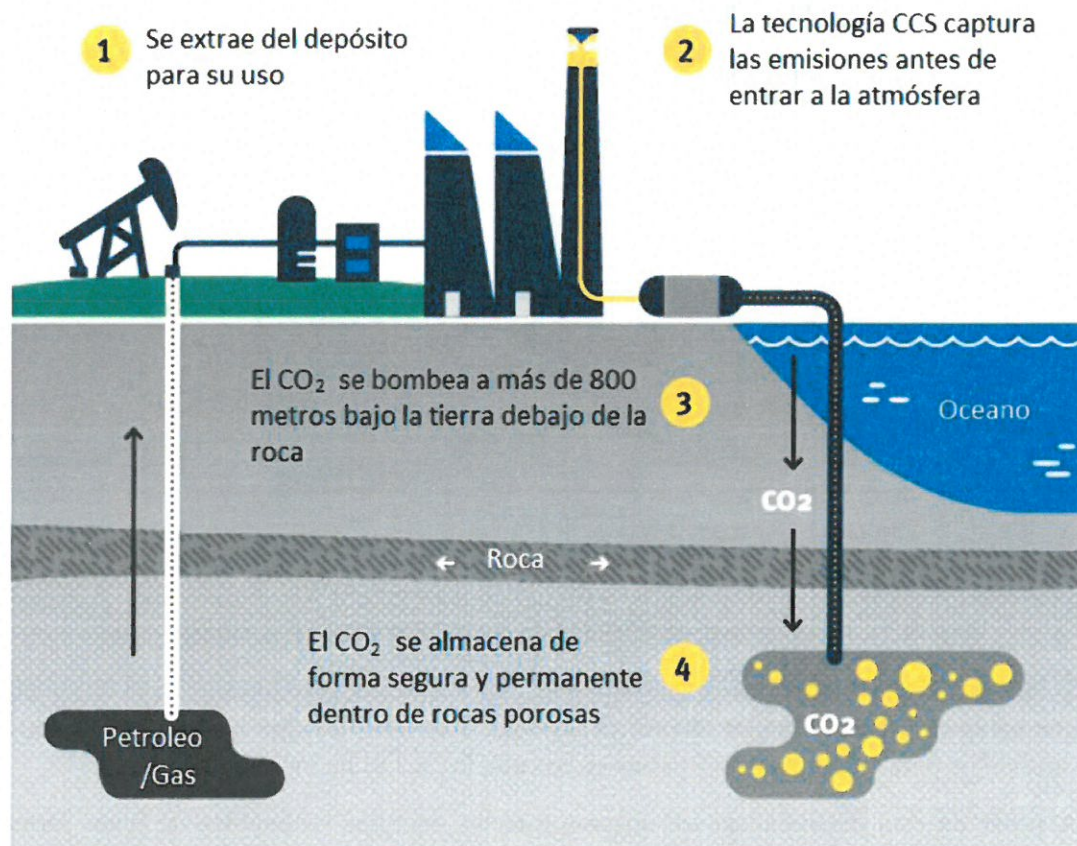


Figura 10. Funcionamiento de la tecnología CCUS, Sustainable Gas Institute [10]

3.4. Según la Agencia Internacional de Energía (IEA)

La Agencia Internacional de la Energía abrió sus puertas a países emergentes para ampliar su impacto global y profundizar en la seguridad energética, proporcionando datos y estadísticas, analizando las políticas energéticas y el crecimiento de tecnologías renovables, trabajando con gobiernos e industrias para dar forma a un futuro energético seguro y sostenible.

Sobre la estadística de electricidad cabe destacar según la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), que durante 2019:

- La producción total fue de 10.548 TWh y disminuyó un 1% respecto a 2018.
- La producción en fuentes renovables fue de 2.996 TWh aumentando un 4% obteniendo un 28,4% del conjunto total de energía, impulsado mayormente por fuentes solares y eólicas en 13,6% y 12,7% respectivamente respecto 2018.
- La producción térmica fue de un 4,1% menor que el año anterior como consecuencia de la reducción de producción de carbón en 13,4% menos con 2.328 TWh, teniendo una participación del 22,1% del conjunto de generación.

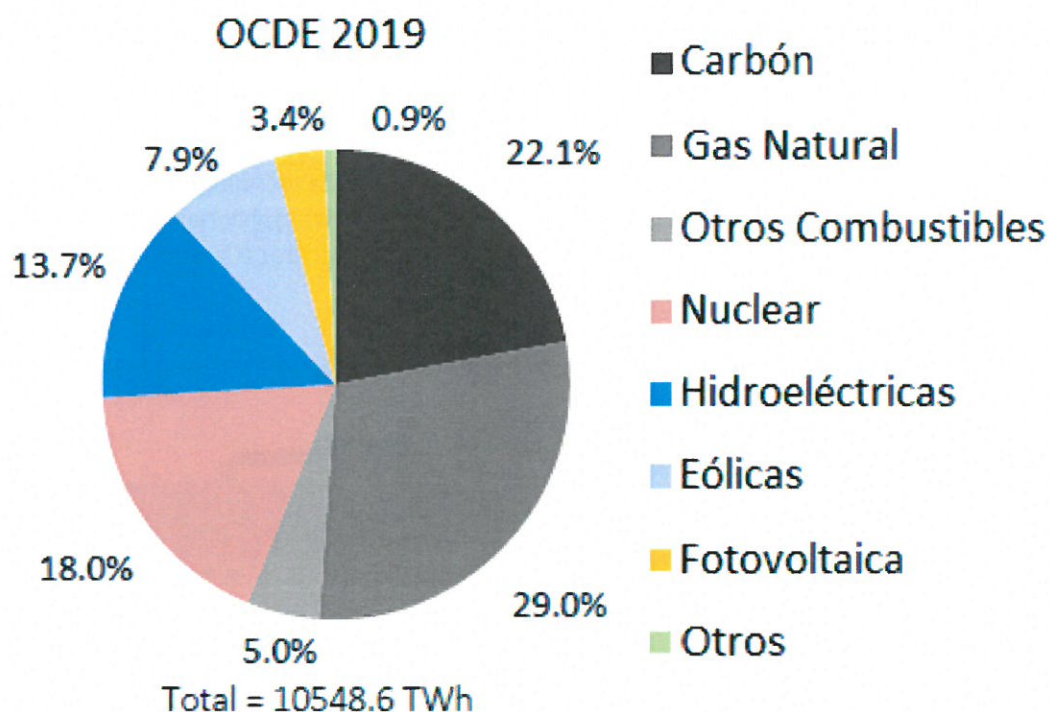


Figura 11. Producción de electricidad de la OCDE por tipo de combustible [8].

Si bien hay cierta diferencia respecto a las estadísticas de BP; pero hay que tener en cuenta que solamente hay 36 países dentro de la OCDE de los 194 que hay en el mundo, 3 candidatos para entrar y otros 5 países en los que la OCDE ha incrementado relación.

A pesar de esta discrepancia, se observa que las energías renovables de igual forma aumentan proporcionalmente obteniendo casi un tercio de la energía total generada y que el carbón junto con el gas natural suma el 51,1% del total de energía generada, tanto en las estadísticas de BP como en la OCDE.

Países de la Organización para la Coordinación y el Desarrollo Económico

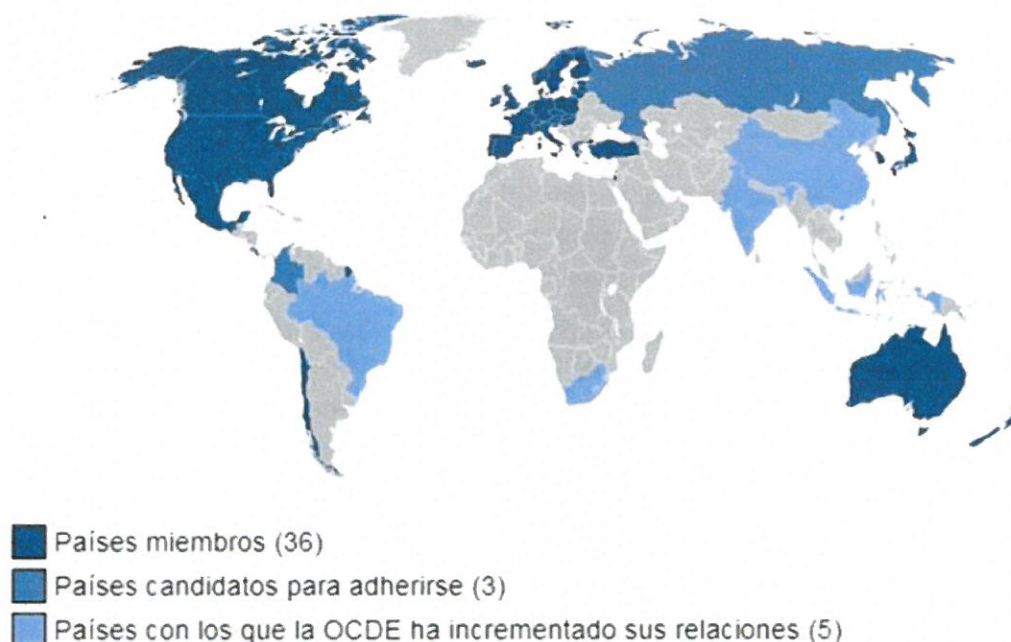


Figura 12. Países integrantes de la OCDE, Ampliación y nuevas relaciones. [11]

El panorama energético global presenta profundas disparidades, ya que entre la promesa de energía para todos y el hecho de que casi mil millones de personas aún no tienen acceso a la electricidad hay un paso muy elevado; además de ser la principal fuente para el desarrollo, por eso más que nunca los responsables de la toma de decisiones deben analizar los datos obtenidos para establecer un cambio energético importante tanto para el desarrollo global como para reducir las emisiones del efecto invernadero.

Energía Solar Fotovoltaica

El ejemplo más cercano lo tenemos en África, al ser cada día más influyente para la energía global; a pesar del aumento del consumo de petróleo y gas se ha visto beneficiada por el descubrimiento de la energía fotovoltaica, un continente con los recursos más ricos del mundo ha instalado 5 GW, a pesar de no suponer ni un 1% de la energía total mundial; pero más de 600 millones de personas tendrán acceso a electricidad, más que el crecimiento en china entre el 1990 y el 2010.

Respecto a las energías renovables deberán moverse rápido en la política y regulación de éstas para mantenerse al ritmo del cambio tecnológico y creciente de la necesidad de operación flexible de estos sistemas, como el diseño del mercado para el almacenamiento, vehículos eléctricos y la red, privacidad de datos de consumidores, etc.

Petróleo

La seguridad energética sigue siendo primordial y el petróleo permanece en el centro de atención, ya que sigue habiendo ataques por países para su obtención como en Arabia Saudita en septiembre del pasado año; también en EE.UU. ha remodelado los mercados globales, flujos comerciales y su seguridad al tener la mayor producción de lutita (petróleo y gas) que supera a Rusia.

Cualquier camino elegido para la energía global hoy en día aún depende en gran proporción del petróleo del Medio Oriente ya que el Estrecho de Ormuz sigue siendo la arteria crucial para el mundo en la distribución de materia prima fósil.

En la carrera del petróleo sigue creciendo su demanda hasta 2025 aproximadamente; donde empezará aplanarse ese ritmo de demanda en 2030; debido principalmente al cambio de combustible eléctrico. A finales de 2020 el vehículo eléctrico llega alcanzar su punto máximo, los costos más bajos de la batería y mayor eficiencia de la energía eléctrica son unos de los factores clave.

Carbón

Las elecciones de combustible están en una carrera entre el carbón, gas natural y las energías renovables para proporcionar energía; el carbón hoy en día es el titular en desarrollo en los países asiáticos, que a pesar de haber disminuido bastante la inversión de estas infraestructuras proporciona un poder de permanencia considerable; ya que hay gran cantidad de plantas y fábricas de energía que siguen utilizando el carbón como materia prima.

Redes de Gas

Desde la perspectiva de transición energética las redes de gas pueden proporcionar una fuente flexible que entrega más energía que las redes eléctricas además de beneficios a corto plazo reemplazando combustibles más contaminantes; A largo plazo podríamos preguntarnos si las redes de gas pueden entregar energía baja o nula en carbono, con hidrógenos bajos en carbono, biometano (Desechos y residuos orgánicos), replanteando que podría suponer un 20% de la demanda actual de gas.

El esquisto, la energía solar fotovoltaica y otras tecnologías renovables crecen rápido; pero siempre en la dirección y velocidad que establecen los gobiernos, la modificación de la política y el apoyo financiero a gran escala son principales para su desarrollo. La transformación de tecnologías energéticas, incluidas la eficiencia, CCUS, hidrógeno, nuclear y otras. Las iniciativas de particulares, sociedades, empresas, inversores, etc. Marcan una gran diferencia; pero la mayor capacidad para dar forma al futuro energético recae en los gobiernos.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES DEL SISTEMA ELÉCTRICO ESPAÑOL

4. Fortalezas y debilidades del Sistema Eléctrico Español

En este apartado se analiza y define los diferentes puntos del Sistema Eléctrico Español; refiriéndose tanto en potencia y demanda, exportaciones e importaciones y emisiones contaminantes de efecto invernadero.

- | | |
|-------------------------------------|--|
| ■ Potencia instalada y su seguridad | ■ Diversidad en el mix energético |
| ■ Coste elevado de manutención | ■ Fiabilidad, seguridad y calidad de la red de transporte |
| ■ Exportaciones energéticas | ■ Energía no suministrada (ENS) |
| ■ Importaciones de materias prima | ■ Poder de innovación tecnológica, digitalización y sostenibilidad |
| ■ Emisiones de CO ₂ | |
| ■ Aumento de energías renovables | |

Una de las **principales fortalezas de nuestro sistema es la potencia que actualmente hay instalada**, siendo ésta **más del doble de la que se necesita** en momentos de mayor demanda energética, 108.600 MW para hacer frente a los 40.000 MW de potencia en el momento de mayor exigencia. Además, el sistema es muy seguro en lo que a satisfacción de la demanda se refiere; **pero también es muy costoso mantener**, ya que cuando hay poca demanda energética muchas centrales no entran en funcionamiento, aun así, deben continuar operativas para cuando se necesiten, ya que el arranque de estas supera en costos a estar inactivas; en algunos casos como las centrales de ciclo combinado.

Como contrapartida, **este exceso de capacidad hace que** se genere la mayor parte del año más energía eléctrica de la que se necesita; una de las razones en la **que España se convierte en exportadora neta** de esta clase de energía a nuestros países vecinos como Portugal, Marruecos, Francia o Andorra; la exportación en 2019 fue de 12,2 TWh. [12]



Figura 13. Evolución Anual de los Intercambios Programados. Informe REE 2018 [3].

Como se puede ver en la (Figura 13), entre 2008 y 2012 el sistema ha exportado un mínimo de 12.000 en 2010 y 17.459 GWh siendo la máxima potencia enviada en 2012; suponiendo hasta el 4% de la total producida en la península, este máximo de exportación fue debido a un año muy lluvioso y en el que hubo una aportación reseñable de energía, ya que dentro de nuestro parque de renovables las centrales hidroeléctricas suponen un 40%; sin embargo, en 2005 fue un año muy seco y su producción fue la mitad.

En los últimos diez años se ha interrumpido esta demanda; **nuestro país es exportador de energía eléctrica y un gran importador de energías primarias** como el gas, carbón, petróleo, etc. A partir de este máximo en 2012, nuestro país ha cambiado su evolución de intercambios; como se analizó en el (apartado 3.1.) estos últimos años ha sido más importador con una potencia máxima en 18,8 TWh en 2019; debido al impuesto establecido por el CO₂, que pasó de un precio de 5€/Tn a 30€/Tn, **saliendo más barato al Sistema Eléctrico comprar energía fuera de España que pagar multa de CO₂.**



Figura 14. Conexiones Internacionales, Capacidad de intercambio comercial. Periódico Cinco Días. Imagen: Trincado. B. de REE [3].

Otro aspecto positivo en nuestro sistema es la gran diversidad del “Mix” energético como vimos en el (apartado 3.1.). **España no depende de una sola fuente de combustible** como sucede en otros países de la UE; como por ejemplo Francia depende del uranio; Polonia del carbón; Holanda del petróleo, etc. Alemania es la más similar a España en este mix energético. Para desarrollar un sistema con tanta diversidad, se necesita un **mallado de red fiable, seguro y de calidad**; estos factores importantes **los aporta otra fortaleza como es la red de transporte**; que continuó potenciando con 277 kilómetros de circuitos nuevos; 144 subestaciones y 2.592 MVA de capacidad de transformación en 2018, lo que supone hoy día de más de 44.207 kilómetros, 5.865 subestaciones y una capacidad de transformación de 88.846 MVA.

	400 kV	≤220 kV			Total
	Península	Península	Baleares	Canarias	
Total líneas (km)	21.730	18.133	1.854	1.491	44.207
Líneas aéreas (km)	21.613	18.343	1.133	1.187	42.276
Cable submarino (km)	29	236	540	30	835
Cable subterráneo (km)	88	553	181	273	1.096
Transformación (MVA)	81.490	613	3.433	3.310	88.846

Datos provisionales pendientes de auditoría en curso.
 Datos de kilómetros de circuito y de capacidad de transformación acumulados a 31 de diciembre del 2018.

Tabla 1. Instalaciones de red de transporte energético en España, Fuente REE 2018 [3]

A pesar de ser fiable, segura y de calidad; **la red de transporte ha producido un incremento de Energía No Suministrada (ENS)**; debido a cuanto **mayor** es el **número de líneas de transporte mayor índice de incidentes**. La ENS de 2018 fue de 250 MWh respecto a los 60 MWh del año anterior y un tiempo de Interrupción de Servicio Medio (TIM) de 0,518 minutos, 0,13 minutos en 2017. [3]

$$TIM = \text{Horas Anuales} \times 60 \times \frac{ENS}{\text{Demanda Anual (MWh)}} < 15 \text{ min/año}$$

El grupo Red Eléctrica de España tiene los medios y fondos para seguir unas **estrategias fuertes en innovación, cambio cultural y sostenibilidad**; los cuatro vectores principales son la tecnología, digitalización, sostenibilidad y personas; en 2018 dedicó 10,2 millones de euros a 86 proyectos de innovación de transporte.

Finalmente, cabe destacar un factor importante a día de hoy; **las emisiones de CO₂ derivadas de la generación eléctrica han descendido un 13,8 % en 2018 con una emisión de 64,2 millones de toneladas; debido principalmente al crecimiento de las energías renovables**. Emisiones que hasta 1997 se echaban a la atmósfera sin ningún tipo de control hasta que se firmó en París el Protocolo de Kioto, para establecer un máximo de emisiones antes de 2012. España se comprometió a disminuir sus emisiones en un máximo de 15% respecto a 1990; quedándose bastante alejado de ese límite, alcanzando solo 23,7%; costándoles a España más de 800 millones de euros en la compra de derechos de CO₂ a otros países para intentar alcanzar dicho acuerdo [13].

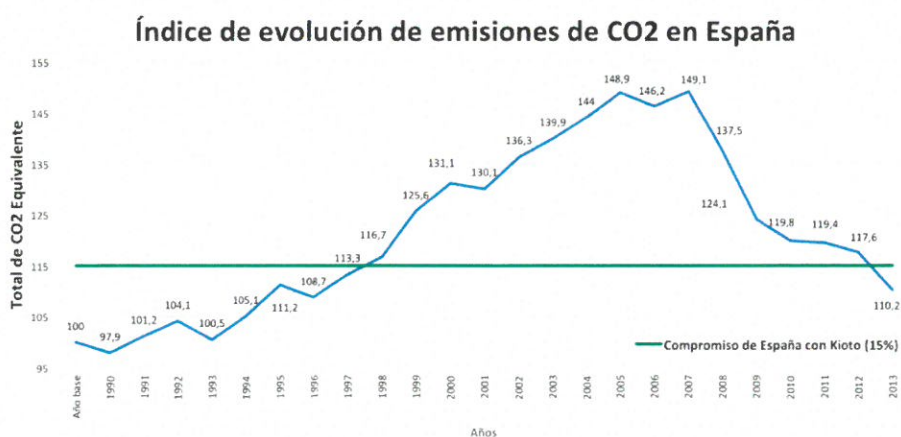


Figura 15. Protocolo de Kioto. Índice de evolución de emisiones de CO₂ [14].

EXPECTATIVAS FUTURAS DEL COMBUSTIBLE FÓSIL

5. Expectativas futuras del combustible fósil

Las materias primas más importantes en la historia para la generación eléctrica, desde las primeras máquinas de vapor en el siglo XVIII impulsadas mediante el carbón; lámparas de gas y petróleo; o las primeras máquinas de combustión interna a finales del XVIII, hasta hoy en día en la mayoría de las centrales eléctricas utilizando el carbón y el petróleo como fuente principal energética.

La previsión de alcanzar el punto máximo de demanda en los combustibles fósiles ya tiene una fecha aproximada, 2030 es el año en el que gracias a una transición más pronunciada hacia un futuro más limpio reemplazará las materias primas como el petróleo y el carbón. La regulación de fuentes renovables está vigente en 141 países; y conforme estos países comienzan a comparar los precios de las emisiones de carbono para medir el riesgo del cambio climático, el precio del carbono se dispara, acelerando la transición para abandonar la materia prima fósil.

Para hacer frente a este gran cambio se plantean diversas opciones que podrían amenazar a los activos tradicionales de estos combustibles; el cuarto informe de Bain & Company, identifica un plan para prepararse y gestionar mejor esta transición; además, en el informe *Managing the Energy Transition* analiza 17 posibles cambios en el panorama energético hasta 2030.

• **El plan estratégico para hacer frente a los cambios es [15]:**

1. Analizar los escenarios y probar una estrategia para proporcionar una detección temprana de los cambios y dificultades que se aproximan, haciendo un seguimiento cercano para probar la solidez de la estrategia.
2. Evaluar un modelo de negocio para identificar donde competir; examinando posibles activos en desuso; definir una escala ajustable al cambiante negocio; amplia clasificación de sus competidores e identificando modelos de negocio que exploten oportunidades de integración vertical y horizontal dentro y fuera de la cadena de valor energética.
3. Aprovechar la tecnología digital para ver el estado potencial de la competencia, así definir rápidamente como posicionar la capacidad para competir ante ellos.
4. Visión global, pero actuación local. La tendencia global y los vínculos entre si harán el panorama energético a través de regiones y combustibles primarios; pero, las batallas competitivas se realizarán a escala local, ya que la economía del combustible es impulsada por la diferente disponibilidad de recursos, regulaciones y patrones climatológicos según su ubicación.
5. En un entorno en constante cambio destaca la innovación, su agilidad y la resistencia; por eso, la construcción de nuevas competencias en una nueva era es muy importante.
6. Incorporar métricas de rendimiento financiero más flexibles a los cambios, desarrollando las capacidades y conocimientos necesarios para expandirse de manera escalada.

- **El potencial de las 17 tendencias que pueden alterar el panorama energético global hasta 2030 son:**

Suministro de petróleo y gas	Generación de Energía	Combustibles de Transporte	Demanda Industrial
OPEP +	Economía renovable	Vehículos eléctricos	Plásticos
Petróleo y Gas poco convencional	Política de carbono	Economía de combustible del vehículo	Reciclaje de no plásticos
Índices de costos	Tecnología de red pública	Bunkering marino	Intensidad de energía
GNL Global	Almacenamiento de la batería	Biocombustibles de aviación	
Digital			
Sostenibilidad			

Tabla 2. Cambios en el panorama energético hasta 2030. Elaboración propia, fuente: Bain & Company [16].

Los posibles cambios este año incorporan 5 nuevas tendencias, tres de ellas afectan a la demanda industrial y dos que influyen en los 15 restantes:

Demanda de plásticos

Con una nueva regulación de su uso, la incorporación de diferentes prácticas industriales respecto a la demanda de plásticos vírgenes y un desarrollo acelerado para su sustitución; podría suponer casi el 3% de la demanda global de líquidos derivados del petróleo. Este porcentaje es el mismo para el progreso del vehículo eléctrico en el mercado.

Reciclaje de materiales no plásticos

El aumento del reciclaje de materiales no plásticos reducirá la demanda de energía en un 0,3%; el acero, el papel y el aluminio, por ejemplo, reducirían un importante ahorro en el mundo. La producción de materiales reciclados es más eficiente desde el punto de vista energético antes que la fabricación de nuevos materiales.

Intensidad energética

Las mejoras en la eficiencia de varias fuentes como la incorporación de tecnologías, mayor regulación y apoyo gubernamental; patrones de gestión de energía por el consumidor; edificios de nueva construcción y nueva maquinaria en regiones de rápido crecimiento supondrán una disminución anual de entre 2% y 3% en la intensidad energética.

Interrupciones Digitales

Reducirán costos por unidad de energía en la cadena de valor tanto en la oferta como en la demanda; hoy en día ya ha comenzado a notarse las curvas de costo y eficiencia acelerándose hacia el futuro, incluyendo los siguientes potenciales:

- Conservar el petróleo y gas no convencionales en sus curvas de experiencia para reducir costes de equilibrio de manera que se pueda predecir.
- La introducción escalonada de cambios en los costos de operación y eficiencia en fuentes convencionales de petróleo y gas, especialmente en alta mar.
- Seguir el crecimiento de la energía solar y eólica en su respectiva curva
- Conseguir que el Smart Grid logren niveles más altos en la mezcla de energías renovables en la generación energética
- Mejor integración en la respuesta de demanda, eficiencia energética y energía fotovoltaica distribuida.
- Mejorar la gestión de la demanda del consumidor mediante dispositivos inteligentes.
- Obtener una mejor eficiencia del combustible para vehículos de combustión interna; además, acelerar la integridad del vehículo eléctrico.

Sostenibilidad

La energía renovable está vigente en 141 países y desde 2016, 10 países han realizado regulaciones más estrictas; a excepción de EE. UU, las regulaciones de carbono han ganado mucha fuerza tanto en Asia como en América.

Con la entrada del vehículo eléctrico en la industria del transporte, se endurecerán las normas de consumo eficiente del combustible; además de incentivar el consumo del gas licuado (GNL) y biocombustibles mediante normas de emisiones más estrictas.

El mayor aumento en la demanda del GNL se debe a la sostenibilidad que buscan las empresas que utilizan carbón para frenar las energías intensivas en carbono. Bain & Company señala otros elementos de sostenibilidad que impactarán sobre el panorama energético y en su forma de operar tales como:

- Las reacciones de los consumidores, las inversiones y respuestas del gobierno está cambiando cuanta más conciencia hay sobre el cambio climático
- La gestión del agua repercutida por el daño a la regulación y escasez del agua.
- Las ciudades motivadas para reducir las emisiones locales; implementado normativas de circulación, peajes y suministrando energías renovables.
- Importantes oportunidades para dotar una segunda vida a las baterías.

OPEP + Producción

El mercado global del petróleo es muy sensible al volumen de producción de la Organización de Países Exportadores de Petróleo (OPEP); a pesar de la reducción de producción en 2016, especialmente Rusia, las previsiones varían ampliamente para la producción de la OPEP hasta 2030; mostrando hoy día un aumento constante debido a la desviación de la visión cuando en un consenso se expuso que disminuiría la producción constantemente en la década de 2020. Para realizar este estudio se modeló la producción rusa de petróleo de 9 a 12 millones de barriles por día en 2030.

Índices de costos de petróleo y gas

Las compañías de petróleo y gas han reducido costos, gastos de capital y su intensidad que desde 2014 se han conseguido mantener; gracias a una reestructuración de manera sustancial y sostenible, incluso pudiéndose permitir algún aumento a corto plazo. En el estudio de este año se aprecia índices a medio y largo plazo de menores costos para todos los escenarios en petróleo y gas convencional.

Costos de energía solar

La energía solar ha experimentado un cambio notable en los costos al alcanzar un punto de inflexión y podría estar cambiando su curva de aprendizaje; pasando de una pendiente del 24% al 34%, como consecuencia de la dinámica de mercado con subastas competitivas; desde un 20% en 2016 hasta un 60% en 2022 (excluyendo China).

Costos de almacenamiento de la batería

Desde 2010 se ha desplomado hasta un 80% el costo de almacenamiento y se pronostica que seguirá cayendo a medida que decaigan los costos del sistema de baterías, electrónicos de potencia y periferia, que también caerán un 60% en 2030. Actualmente la posición de la batería está en una posición única; estamos en la etapa donde los costos de la batería son los más competitivos poniendo en riesgo un tercio de la capacidad máxima de gas en EE. UU.

Esta caída en los costos está aumentando el atractivo del almacenamiento como una opción adicional para proyectos de energías renovables, especialmente para energías fotovoltaicas y eólicas, donde la intermitencia de su producción es más predecible.

Y, ahora bien, una vez analizados los planes estratégicos para combatir el potencial de las tendencias de cambio en el panorama energético hasta 2030, nos deberíamos preguntar:

- ¿Estamos preparados para la transición energética? [17].

“Un informe del Foro Económico Mundial sitúa a Suecia, Suiza y Noruega como los países mejor preparados para la descarbonización. España ocupa el puesto número 25.”

Muchos son los países y gobiernos que apuestan por el movimiento verde con energías renovables, pero el cambio no se está llevando lo suficientemente rápido como para cumplir con los objetivos del protocolo de Kioto de París; esto es debido, a que dicha transición para alejarse de los combustibles fósiles altamente contaminantes se está viendo estancada estos últimos cinco años; una de las razones principales de este estancamiento es a causa del fácil acceso a la energía que hoy en día hay, a pesar de que cada vez es más caro encender la luz o calentar agua.

El desarrollo económico, el crecimiento, seguridad y el acceso a la energía junto con la sostenibilidad medioambiental son los elementos fundamentales para conseguir esta transición; los países que reúnen más fácil estos elementos son los del norte de Europa, otros muchos fallan a la hora de conseguir que sus sistemas sean sostenibles

Suecia es el país más preparado para conseguir dejar atrás los combustibles fósiles, seguido de Suiza, Noruega, Finlandia y Dinamarca.

World Map Energy Transition Index 2019¹

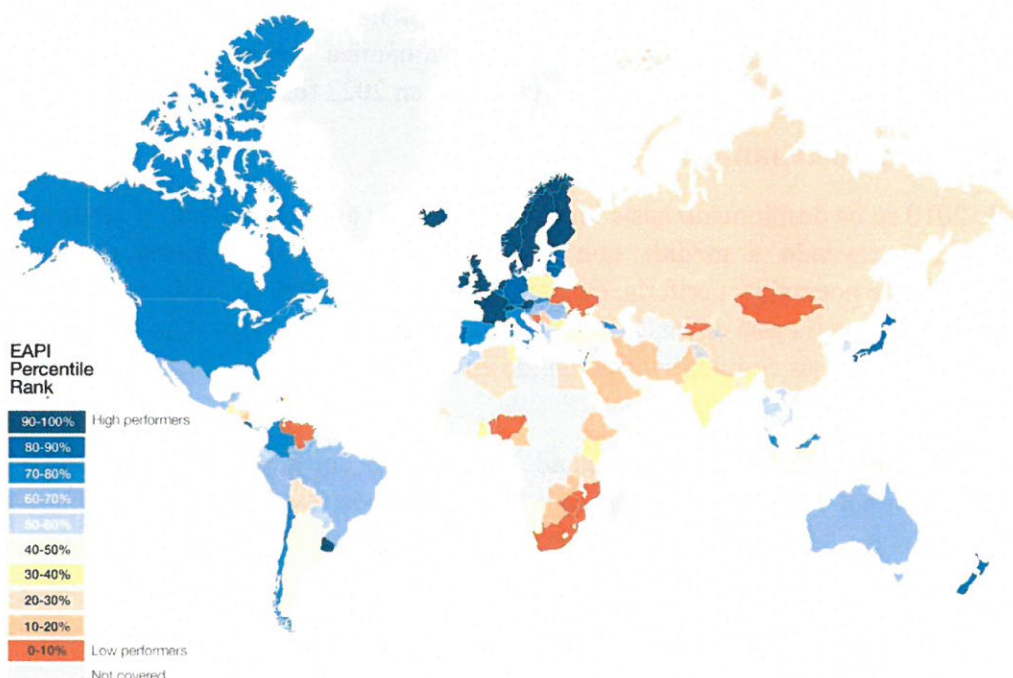


Figura 16. Mapa Global de Transición Energética. De Ethic [17].

Los avances técnicos que fomentan tanto las instituciones como el sector primario son la clave del éxito en países líderes con el compromiso de la transición energética; en su mayoría son países que comparten marcos regulatorios estables, con un alto índice de innovadores capaces de atraer inversiones; además, de tener un mix energético muy diverso y de su disposición de recursos naturales.

La cola en la transición son países con carencias como la falta de regulaciones a nivel energético, infraestructuras escasas e inestabilidades políticas. También, con gran influencia la zona geopolítica en la que se encuentre, ya que algunos tienen dependencia de combustibles fósiles a la hora de generar energía, además de los exportadores de estos

combustibles; lo que conlleva a una restricción a la hora de un cambio en la transición; entre los que se encuentra Nigeria, Mozambique o Venezuela con el petróleo o Sudáfrica o Mongolia con el carbón.

España se encuentra en el puesto 24, con un poco más del 56% de transición según el Índice de Transición Energética 2020 (ETI) [18]. Que tras la pandemia del COVID-19 podría sufrir un frenazo en el progreso y provocar un retroceso en la transición, sobre todo en países con lenta actuación de emergencia que actúen contra el virus.

El coronavirus. *“ofrece la oportunidad de plantearse una intervención poco ortodoxa en los mercados energéticos y una colaboración global para apoyar una recuperación que acelere la transición energética”* Afirma Roberto Bocca, responsable de Energía y Materiales del Foro Económico Mundial.

TASA DE RETORNO ENERGÉTICO

6. Tasa de Retorno Energético

Dicha tasa (TRE), se basa en la división entre la cantidad total producida por una fuente de energía dividido por la cantidad necesaria para desarrollar y mantener la transformación de energía; si el valor del cociente es menor o igual a 1, indica que la energía invertida para la transformación es superior a la que se produce finalmente; de igual modo, si se obtiene una tasa por encima de 1 indica que la energía producida es mayor a la invertida para su transformación. Una fuente de energía será más rentable cuanto mayor tasa de retorno tenga.

$$TRE = \frac{\text{Energía Neta Producida}}{\text{Energía Invertida para la transformación}}$$

Uno de los argumentos que se tenía para seguir con el mantenimiento del uso de los combustibles fósiles era por su alto rendimiento y tasa de retorno, frente a las (TRE) de las energías renovables. El petróleo, carbón y gas generalmente tienen ratios de más del 25:1, eso quiere decir que se necesita aproximadamente un barril para entregar 25 a la economía energética. Sin embargo, estos datos se toman en la etapa de extracción y no se tienen en cuenta la energía necesaria en la transformación para ser utilizada; según nos cuenta un estudio de la Universidad de Leeds, donde durante 16 años ha calculado la tasa de retorno en combustibles fósiles [20].

En el estudio se observó que las ratios de combustibles fósiles son mucho más reducidos y cercanos a los de fuentes renovables, tal como 6:1 y tan bajos en el caso de la electricidad con un 3:1, debido especialmente al agotamiento del fácil acceso a los combustibles fósiles. Esto significa que cada vez costará más la extracción de estos combustibles fósiles y seguirán disminuyendo su tasa, lo que equivale a una igualación con los recursos renovables y aceleramiento en la inversión de fuentes de energía renovables.

En el caso del petróleo en mitad del siglo XIX, una histórica TRE de 100 ya que los yacimientos se encontraban a escasa profundidad, lugares muy accesibles y fáciles de explotar, de forma que la energía para su extracción era muy reducida y el recurso extraíble era muy abundante. Con el paso de los años se fue haciendo más complejo al agotarse los yacimientos, se necesitó buscar, explorar y perforar a mayores profundidades, llegando incluso a realizar perforaciones lejos de los centros de consumo como es en el caso de alta mar o en Alaska; Donde se ve claramente en la (Figura 17) el descenso drástico en los principales combustibles fósiles como es el petróleo y el carbón.

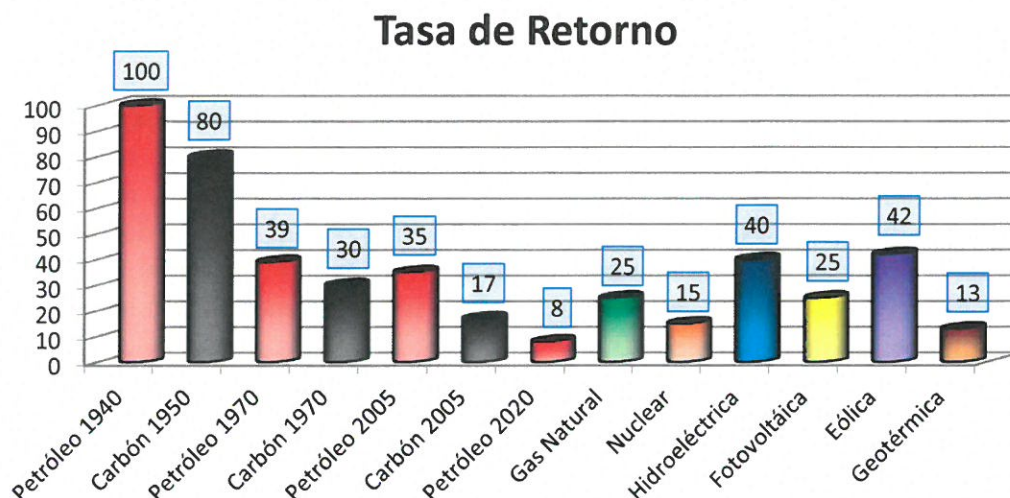


Figura 17. Elaboración Propia. TRE del Mix energético más importante global. Fuente El Ecologista N° 55.

Los investigadores advierten: “Los datos que presenta esta figura hay que tomarlos con escepticismo, y tener en cuenta que, en general, la TRE real será menor, incluso mucho menor, ya que en muchos casos no está incluida la energía invertida en mantener la infraestructura del proceso, y menos aún la invertida en crearla.”

La estimación de la tasa es relativamente sencilla; sin embargo, es libre de imprecisión ya que no existe un acuerdo estándar sobre qué actividades son incluidas y cuales no para el cálculo de dicha tasa. Es decir, ¿hasta dónde se toma el cálculo en la cadena de procesos necesarios para explotar una fuente energética?, por ejemplo, para la extracción de combustibles fósiles se necesita de la fabricación de máquinas y herramientas de acero para su extracción, ¿sería preciso incluir el coste de esta fabricación de acero para el cálculo de Energía invertida? ¿Y la energía necesaria para el acondicionamiento y la alimentación de los trabajadores? Entre otros; por este motivo, aunque no esté reglamentada una norma, se deben de comparar la TRE de fuentes energéticas con criterios homologables.

En el caso de la Energía Eólica, la tasa de retorno varía entre un 5 y 42, debido a que se tiene en cuenta la energía generada a lo largo de la vida útil de la turbina eólica entre la suma de las energías requeridas para su construcción e infraestructura; además, del coste energético en mantenimiento a lo largo de la vida útil, con montaje y desmontaje incluido.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES
UNIDAS

7. Organización de las Naciones Unidas

Los principios de la organización están basados en la igualdad entre todos los miembros integrantes; con el fin de asegurar los derechos y beneficios para que cumplan de buena mano las obligaciones contraídas por ellos, arreglando sus diferencias pacíficamente de manera que no se ponga en peligro ni la paz, ni seguridad internacional o la justicia en los estados, evitando recurrir a la fuerza contra la integridad territorial o a las amenazas. Ninguna disposición de esta organización intervendrá en los asuntos de la jurisdicción interna de los estados.

El 25 de septiembre de 2015, se acordó unos objetivos importantes entre los distintos líderes mundiales; cada objetivo formará una nueva agenda de desarrollo sostenible a cumplir por gobiernos, sectores privados y sociedad civil en los próximos años hasta 2030.

7.1. Modelo de Desarrollo Sostenible



Grandes cambios que se conseguirán con pequeños detalles y actos de cada persona [22].

Desde el nivel 1:

- Ahorrar electricidad, desconectando por completo aparatos en desuso, apaga luces cuando no sean necesarias.
- Cambie el papel por el teléfono móvil; suprima recibos en papel, trámites bancarios, etc.
- Fomenta el derecho de la mujer, cambio climático, y comprar en empresas que utilicen prácticas sostenibles que no dañen el medio ambiente.

Nivel 2, desde casa:

- Utilizar los recursos naturales como el aire para secar ropa, duchas de corta duración, optimizar la compra de comida priorizando los productos vegetales.
- Reutilizar los productos orgánicos para fertilizantes, reciclado de papel, plástico, vidrio y aluminio.
- Eficiencia energética en vivienda, cerrando ventanas, ajustando termostatos de electrodomésticos, sustitución de los viejos, instalación de paneles solares, entre otros.

Nivel 3, fuera de casa:

- Comprar productos locales, planificar las compras de comida y su buen aprovechamiento, la compra de fruta indiferentemente de su aspecto ya que la de peor vista siempre se desecha y tienen los mismos nutrientes. Todo utilizando nuestra propia bolsa, y no incentivar el uso de las de plástico, compra de segunda mano y done lo que no utilice.
- Desplazamientos en bicicleta, andando o utilizando el transporte público.

- La vacuna para evitar enfermedades es importante, tanto para sus familiares como para proteger a la salud pública.

Nivel 4, desde el trabajo:

- Asesorar a los jóvenes, estimulándolos para su mejor futuro, igualdad de género tanto en remuneración como en oportunidades.
- Eficiencia tecnológica en la empresa, y en su distribución de calefacción y refrigeración. Inversiones en infraestructuras limpias y apoyando el acuerdo de París.
- Animar a la empresa a colaborar con la sociedad civil y encontrar formas de ayudar a comunidades locales a lograr sus objetivos.

7.2. Los 17 Objetivos en la nueva agenda de la ONU



1. Fin de la Pobreza.

Erradicar la pobreza extrema en el mundo; que todos tengan derecho a los recursos básicos para reducir su vulnerabilidad.



2. Hambre Cero.

Poner fin al hambre y a la malnutrición; duplicar la agricultura, ganadería y pescadores mediante accesos seguros; Mantener los bancos de semillas.



3. Salud y Bienestar

Reducir la tasa de mortalidad neonatal y prematura, accidentes de tráfico, etc. Poner fin a epidemias y sustancias adictivas; Fortalecer investigación de vacunas.



4. Educación de Calidad

Construcción de escuelas y asegurar que terminen todos los niños la enseñanza primaria y secundaria, siendo gratuita, de calidad y equitativa.



5. Igualdad de Género

Fin a la discriminación de sexo, violencia y explotación; además, eliminar matrimonios infantiles y apoyar la igualdad en todos los aspectos.



6. Agua Limpia y Saneamiento

Lograr accesos al agua potable y precios asequibles; Servicios de saneamiento e higiene; reducción de contaminación y conservación de bosques, acuíferos, etc.



7. Energía Asequible y no Contaminante

Garantizar el acceso a servicios energéticos asequibles y fiables; aumentar la proporción de energías renovables, duplicar la tasa de mejora de eficiencia; ampliar investigación tecnológica, energías limpias e infraestructuras.



8. Trabajo Decente y Crecimiento Económico

Mantener el crecimiento económico y productos internos; innovación, modernización y desarrollo; apoyar estudios, lograr más empleos y seguros, eliminando el trabajo infantil; además, promover el turismo y la cultura.



9. Industria, Innovación e Infraestructura

Desarrollar y modernizar infraestructuras de calidad, desarrollo económico; industrialización sostenible, acceso a pequeñas industrias en países en desarrollo; aumentar investigación científica y tecnológica; mayor formación en trabajadores



10. Reducción de las Desigualdades

Lograr un crecimiento de ingresos en población pobre; inclusión social, económica y política de todas las personas; migración ordenada e igualdad.



11. Ciudades y Comunidades Sostenibles

Asegurar viviendas y servicios básicos, seguros y asequibles, mejora de barrios; transporte seguro; salvaguardar patrimonio cultural; reducir muertes por desastres e impacto ambiental, zonas verdes, vehículos económicos, etc.



12. Producción y Consumo Responsables

Gestión sostenible, eficiencia en recursos naturales; reducir el desperdicio de alimentos; gestión ecológica de químicos; Poner en conocimiento de la población.



13. Acción por el Clima

Medidas al cambio climático, fortalecer la resiliencia; mejorar la educación y adaptación al cambio; cumplir con el compromiso de los países desarrollados.



14. Vida Submarina

Reducir contaminación marina, proteger y gestionar sosteniblemente el ecosistema; minimizar efectos de la acidificación; Reglamentación pesquera, prohibir subvenciones de pesca excesiva; aumentar la investigación científica.



15. Vida de Ecosistemas Terrestres

Conservación de ecosistemas terrestres y de agua dulce, bosques, montañas, etc. Fin a la deforestación, rehabilitación; fin a la caza furtiva y tráfico de flora y fauna; medidas para especies exóticas invasoras.



16. Paz, Justicia e Instituciones Sólidas

Reducir violencia y mortalidad, fin al maltrato, explotación, tortura y delincuencia; igualdad en justicia; aplicación de leyes a favor del desarrollo.



17. Alianzas para Lograr Los Objetivos

Fortalecer recursos internos; recursos para países en desarrollo; estabilidad macroeconómica mundial; desarrollo de tecnologías ecológicas; fomentar las exportaciones de países poco desarrollados, facilitar acceso a los mercados. [23]

7.3. Plan de futuro presentado por España

Además del acuerdo de París, firmado en 2016 por la ONU que fijaba el incremento de temperatura media global por debajo de 2°C; la Unión Europea destaca como objetivo la neutralidad de carbono en el año 2050. Cada miembro de la UE envió su plan de futuro “*Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC)*” manifestando los objetivos a seguir y medidas y acciones que llevarían a cabo; el PNIEC de España se catalogó como el más ambicioso con:

- 21% de reducción de emisiones de gases respecto a 1990.
- 42% de uso de energías renovables en el consumo de energía final bruta.
- 39,6% de mejora de eficiencia de energía respecto a 2007.
- 74% de energía renovable en la generación eléctrica.

Destacando que las emisiones de efecto invernadero de España están por debajo de la global de la UE, debido a la creciente actividad productiva desde 1990 a 2008 [24].

7.3.1. Reducción de Gases de Efecto Invernadero

En España el total de emisiones GEI fue de 340.231 ktep-CO₂ en 2017; para lograr el objetivo de un 21% respecto a 1990 las emisiones deberían de ser 226.737 ktep-CO₂. El transporte, la generación de electricidad y la industria son las actividades que más emisiones liberan a la atmósfera.

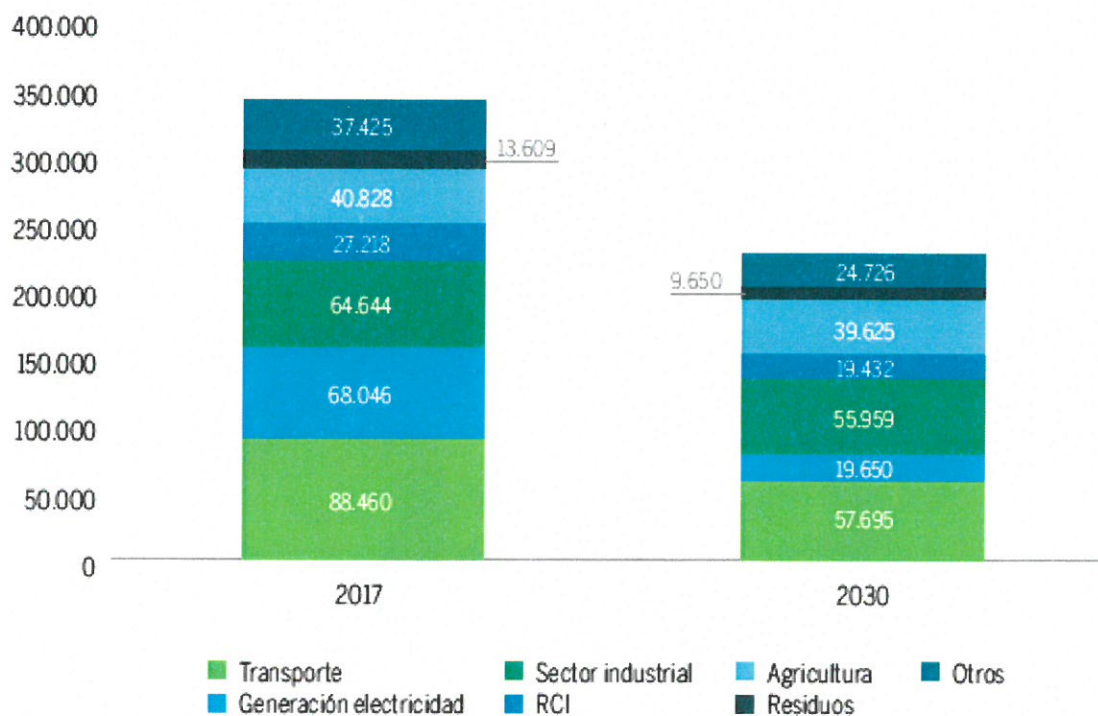


Figura 18. Emisiones de Gas Efecto Invernadero (ktep-CO₂). Fuente MITECO (PNIEC)

7.3.2. Energía Primaria

Es la energía requerida en fuentes de energía por técnicos para ser extraída y después ser transformada; el consumo de esta energía suele ser renovable y España prevé que aumente más del 100%, de 17.217 a 35.066 ktep.

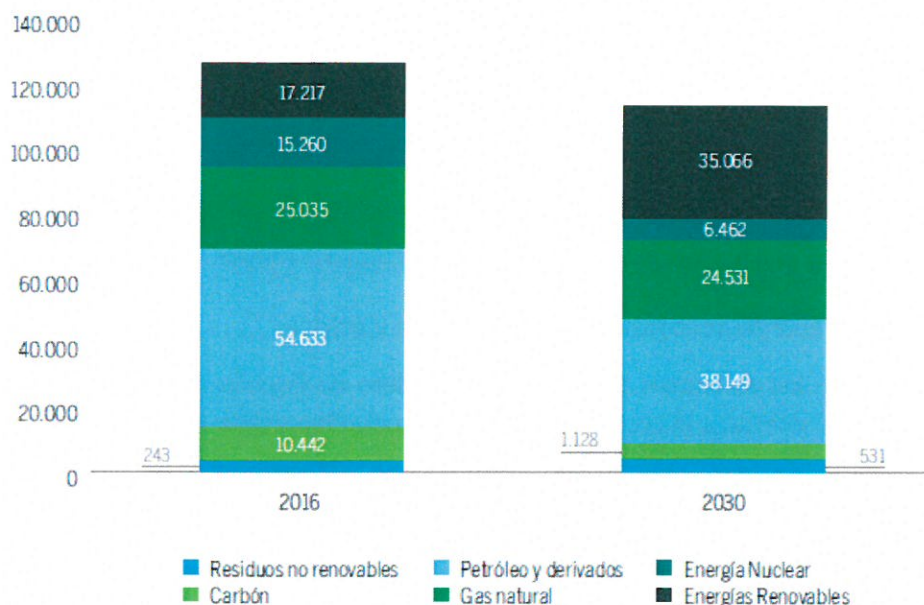


Figura 19. Energía Primaria (ktep). Fuente MITECO (PNIEC)

7.3.3. Potencia instalada y generación de electricidad

El plan español pone como objetivo en 2030 que un 74% de la generación de energía sea de fuentes totalmente renovables; la potencia instalada crecerá, desde 2018 a 2030 un 52%; además, la potencia proveniente de las centrales fotovoltaicas también crecerá hasta casi 37 GW.

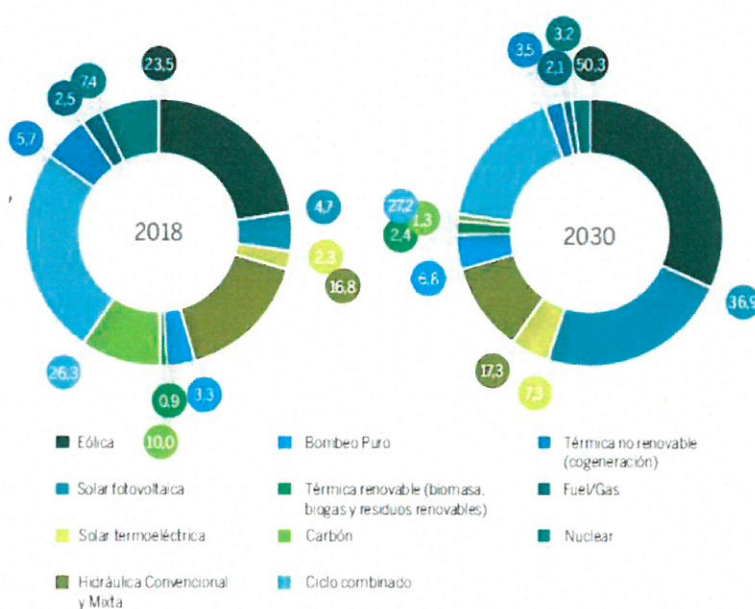


Figura 20. Potencia Instalada (GW). Fuente Red Eléctrica Española 2018. MITECO (PNIEC)

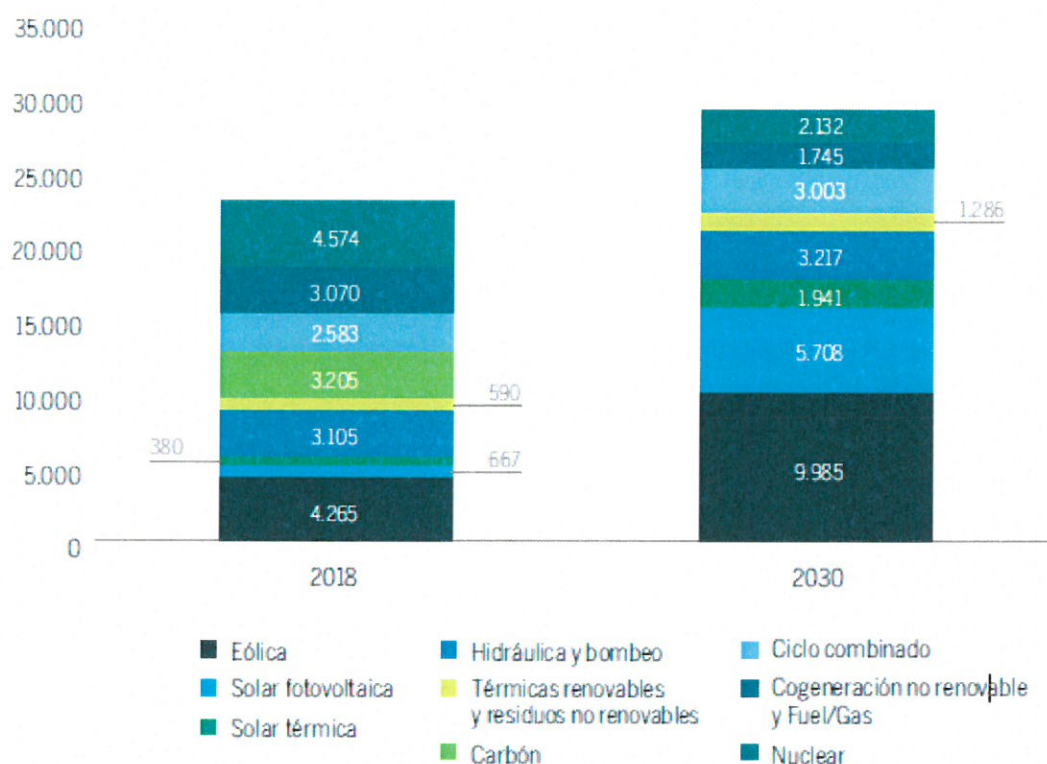


Figura 21. Generación de Energía. Fuente REE (Balances de energía eléctrica 2018)

7.3.4. Energía Final (ktep)

Energía empleada por los consumidores finales, transporte, industria, hogares servicios y agricultura. El PNIEC español plantea un objetivo para mejorar eficiencia energética en un 39.6% y un descenso en el consumo de energía de los 81.551 ktep actuales a 74.022 ktep en 2030.

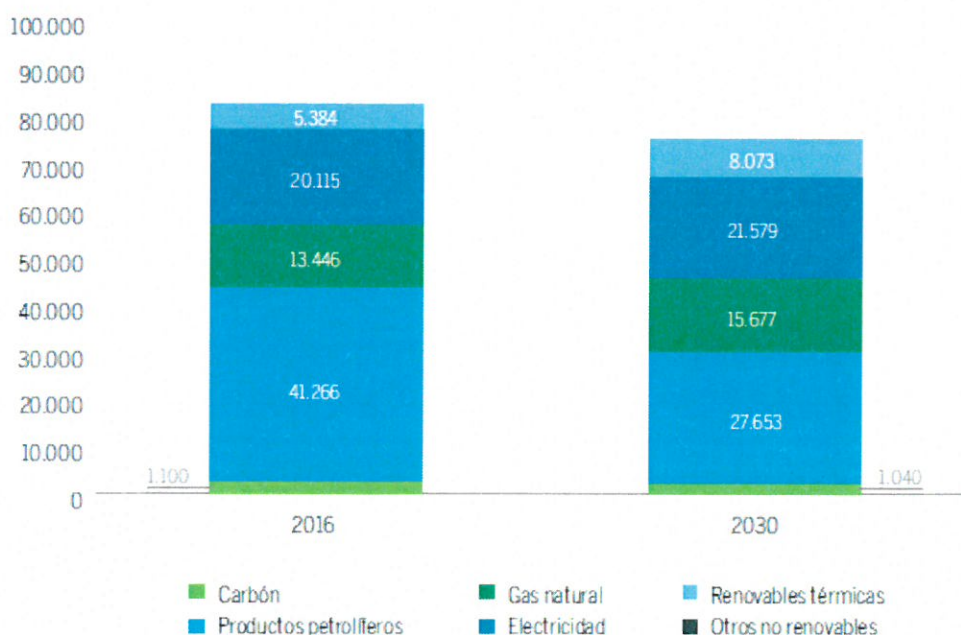


Figura 22. Energía Final. Fuente MITECO (PNIEC) de IDEA.

ESTADO DEL ARTE DE LA GENERACIÓN
DISTRIBUIDA Y LAS REDES
INTELIGENTES

8. Estado del arte de la Generación Distribuida y las redes Inteligentes

8.1. La necesidad de renovar la red eléctrica

La red eléctrica representa el sistema más extenso del planeta, diseñada para transportar y proporcionar energía a distintos consumidores. A medida que avanza la tecnología y las necesidades de consumo que la sociedad ha ido implementando, ha ido aumentando la demanda energética y la necesidad de un desarrollo en nuevas fuentes de energía como las fuentes renovables; Además, otro problema existente o necesidad económica es la dependencia de los precios de los combustibles fósiles, sumándole el precio de los derechos de emisión de CO₂ [25].

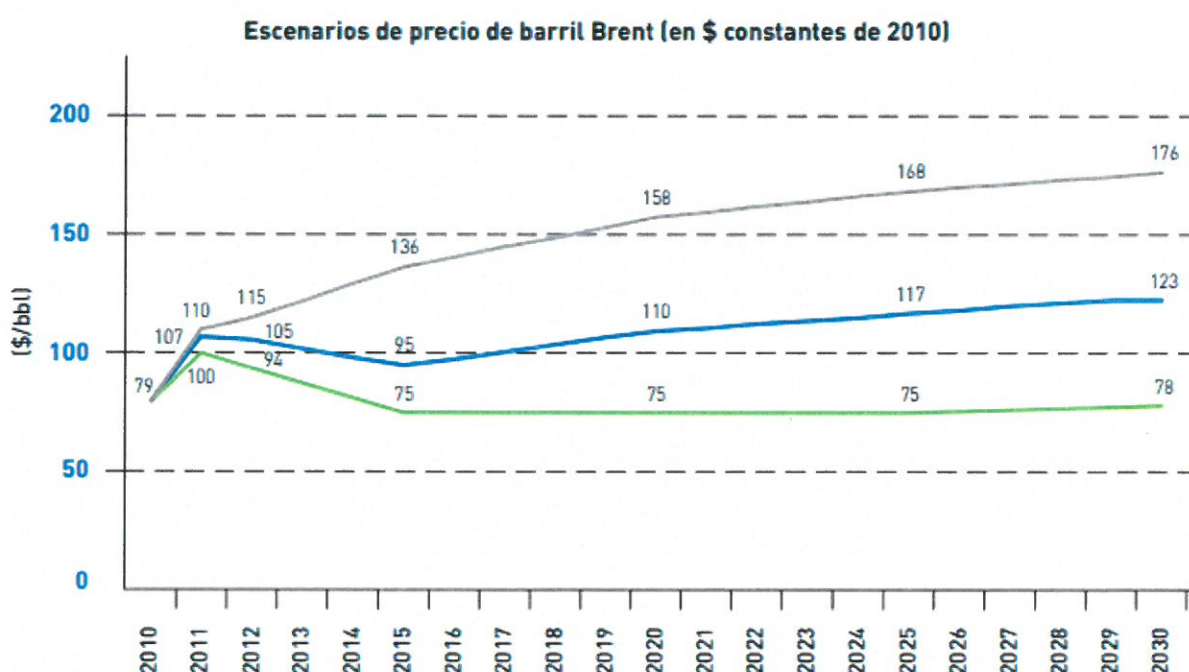


Figura 23. Gráfico de precios medios importación del crudo en España. Fuente IDAE.

Un factor a tener en cuenta es que los costes de generación de las energías renovables son iguales o más baratos que los de combustibles Fósiles, fuentes eólicas y solares han alcanzado niveles históricos llegando a igualar los costes de generación de los combustibles fósiles, conclusión de la Agencia Internacional de Energía Renovable (Irena) [26].

El informe muestra que la biomasa, hidroeléctrica, geotérmica y la energía eólica son competitivas en costos con las instalaciones que producen energía procedente del carbón, petróleo o gas.

España se sitúa frente a los países de la Unión Europea como la más dependiente de la electricidad, según el informe *State of the Energy Union*, estando la media europea en un 70.5%, España se sitúa 17 puntos por encima, 81.4% como máximo en 2005 [7].

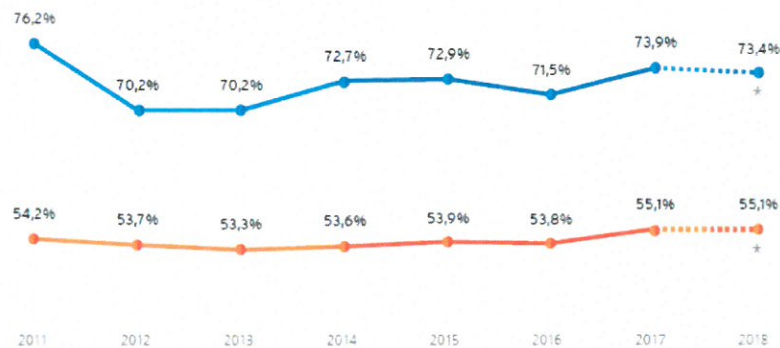


Figura 24. Evolución de la dependencia energética en España respecto a la UE28.

Fuente Eurostat, MITECO, CARBUNION Y APPA Renovables. Evolución de la dependencia energética en España

8.2. ¿Qué es la Generación Distribuida?

La Generación Distribuida está basada en la conexión de las centrales convencionales y las de micro-generación de pequeñas fuentes instaladas cerca de puntos de consumo; como son las placas fotovoltaicas o aerogeneradores instalados en partes superiores de la vivienda, haciéndose autosuficientes reduciendo su consumo de la red; además, de la aportación a red de la energía que no se aprovecha en la vivienda; estos edificios además de equilibrar la red hacen uso de energías renovables y no dependen tanto de grandes centrales, reduciendo también las emisiones a la atmósfera de CO₂ [26].

- La red de transporte desde la generación hasta el consumidor es mucho más corta, reduciendo así las pérdidas en la red eléctrica; además, proporciona un ahorro a la hora de no elevar la tensión para su transporte
- Mayor calidad y fiabilidad de la red; al estar muy bien repartidas las fuentes de micro-generación, el fallo de una o la sobrecarga de la red no supone un grave problema del sistema eléctrico.
- Suelen tener potencias reducidas, no suelen sobrepasar los 10 kW de potencia
- Energías renovables, muy presente en este tipo de generación distribuida y muy adecuadas para ubicarse cerca del consumidor.

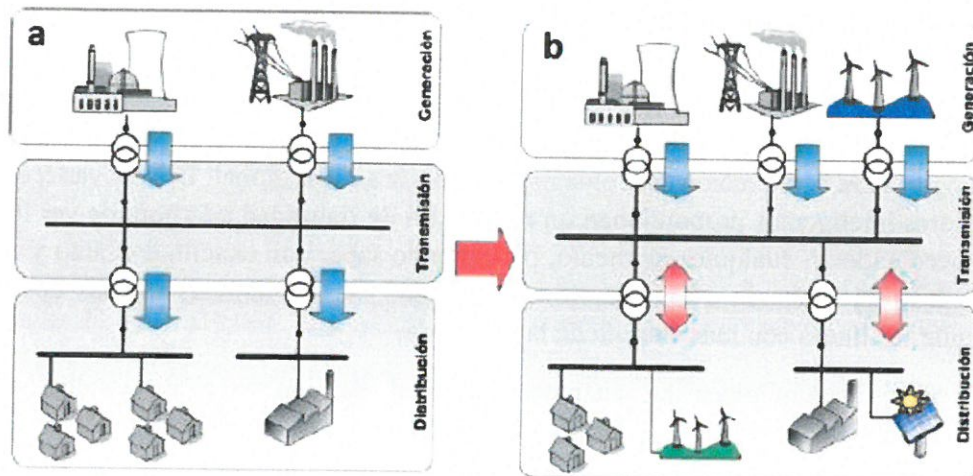


Figura 26. a) Sistema Convencional/b) Sistema Smart Grid. Fuente Redalyc.

8.3.3. El consumidor Generador

Normalmente, el usuario únicamente se limitaba a controlar su demanda de electricidad, con las Smart Grids los consumidores tienen más control sobre la cantidad de energía que se produce y entrega en sus hogares, además de gestionar su propio consumo gracias a equipos automatizados instalados; tomando decisiones para controlar la demanda, también pueden verter a red el exceso de energía que no utilicen.

Tal y como ocurrió con la era del internet se estima que será igual de interactiva tanto para las empresas generadoras como para el consumidor de energía. En 2020 los contadores inteligentes, las tecnologías de control electrónico y la gestión local del consumo tendrán un papel fundamental en la prestación de servicios.

8.3.4. La Seguridad del Smart Grid

Tradicionalmente en las redes actuales se dan problemas de seguridad debido al estado de las infraestructuras de la red eléctrica; su antigüedad es el principal causante, quedándose algunas redes obsoletas. Cuando ocurre un fallo es el propio usuario el que da la voz de alarma para que la compañía solucione este problema.

En una Smart Grid podría avisar del problema incluso antes de que estos produjeran fallo, evitando interrupciones y cortes a gran escala.

Un problema en la digitalización de las redes sería la presencia de virus informáticos o malware que dañasen el software, la manipulación de datos o señales de control; pero gracias al ancho de banda y su poder de computación las Smart Grid, son capaces de realizar una protección más sofisticada; asegurándose de que la energía de red está disponible además de anticiparse en las amenazas que puedan ocurrir. [29]

8.3.5. Eficiencia y Fiabilidad

Una manera eficiente de reducir costes, disminuir las emisiones de efecto invernadero y la seguridad de producción y transferencia de energía; es la utilización de nuevas tecnologías para la reducción del consumo de energía a nivel global. Las nuevas redes de contadores inteligentes proporcionan un nivel extra de fiabilidad a la hora de ver lo que está sucediendo en cualquier momento, permitiendo saber con exactitud cuánto y a qué precio les está costando a los usuarios la demanda de electricidad; además de evitar alimentar las líneas con más energía de la necesaria.

Los avances tecnológicos en cuanto a material de construcción, conductores y transformadores más preparados, las distintas tecnologías de almacenamiento y el análisis entre los distintos puntos de control hacen que aumente la eficiencia y la fiabilidad eléctrica con el paso del tiempo.

8.3.6 Sostenibilidad y el Vehículo Eléctrico

Es evidente que la utilización de energías renovables reduciría el impacto ambiental (emisiones de CO₂, efecto invernadero, calentamiento global). Energías más limpias, pero no suministran la misma cantidad de energía constantemente; debido a las condiciones meteorológicas como la lluvia, viento, brillo del sol o la calidad del aire; complicando la generación de corriente cuando se necesita. Por eso los métodos de almacenamiento, tecnologías actuales de envío de información y los sistemas de previsión hacen posible la integración de este tipo de fuentes para un óptimo funcionamiento.

Otra característica importante a tener en cuenta en la sostenibilidad de las redes inteligentes es la incorporación del vehículo eléctrico. Cuando se habla del vehículo eléctrico se piensa siempre en la baja emisión de CO₂, menos contaminación acústica, etc. Sin embargo, uno de los grandes fuertes del vehículo eléctrico es su sistema de almacenamiento de energía, lo cual puede ser aportada a la red cuando se necesite o a la propia vivienda para el abaratamiento de la factura. [30]

- V2G – Vehicle to Grid (del vehículo a la red)

Sistema que permite el uso de las baterías de los vehículos para ser vertida a la red eléctrica, ya que un 95% del tiempo permanecen aparcados. El objetivo económico de este V2G permite vender energía en horas pico y comprarla en horas valle, consiguiendo un beneficio económico y una regulación de la red, ya que miles de vehículos estarán conectados.

- V2H – Vehicle to Home (del vehículo al hogar)

Al igual que V2G, pero destinado a viviendas, utilizando el coche como sistema de almacenamiento dando la posibilidad de que actúe como fuente de alimentación propia de la vivienda para el abaratamiento de la factura de la luz o a modo de Back Up, generando energía en casos de emergencia.

- V2B – Vehicle to Building (del vehículo al edificio)

Del mismo modo que V2G Y V2H, pero implementado a industrias o edificios ya que una flota grande de vehículos conectados al mismo puede servir como fuente de alimentación con los mismos objetivos que en una vivienda convencional.

A pesar de estos modernos sistemas tecnológicos con mucho futuro, tienen muchos inconvenientes en la actualidad, el más importante y económicamente es su inviabilidad. Hacen falta cambios legislativos, avances técnicos y la transformación del sistema de energía.

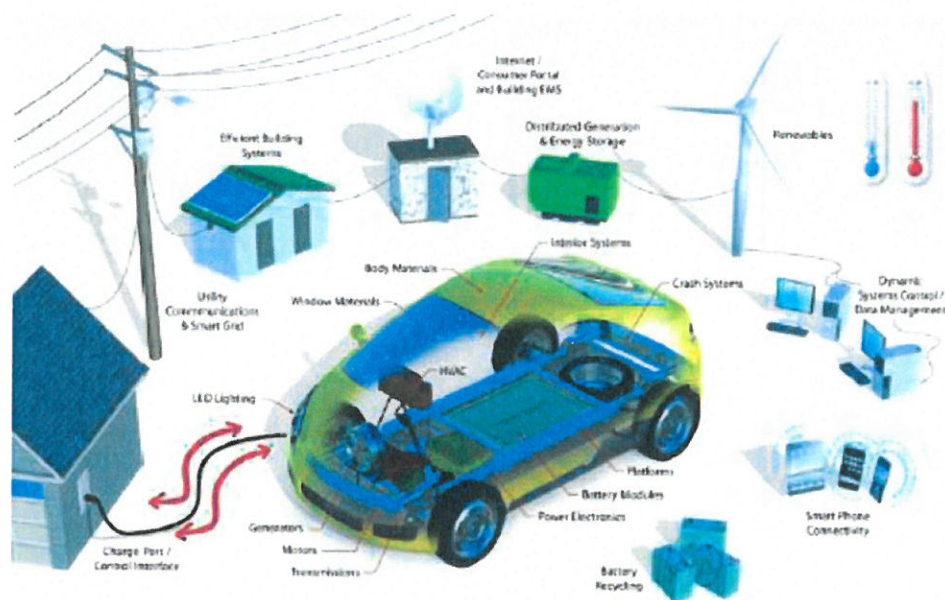


Figura 27. Esquema de implantación del vehículo eléctrico en una Smart Grid.

8.3.7. Barreras en el desarrollo del Smart Grid

Una vez conocido los objetivos, ventajas y beneficios de las Smart Grid debemos también saber los inconvenientes y barreras que presenta el desarrollo de las redes inteligentes.

- Riesgo de inversión a la falta de pruebas piloto y tecnologías maduras que hacen las estimaciones y supuestos pocos fiables.
- Altos costes de inversión y operación, incertidumbre al cuantificar los beneficios que se pretenden conseguir.
- Falta de concienciación en los objetivos de las renovables, eficiencia energética y reducción de emisiones.
- En algunos casos tiene limitaciones técnicas y legítimas y no se obtienen beneficios suficientes para su inversión
- El detalle de información que estará disponible de cada consumidor puede ocasionar graves perjuicios si se usa de manera inadecuada. [28]

8.4. Arquitectura y Composición de una Smart Grid

Como se ha estudiado un elemento clave y principal en el concepto de Smart Grid es la comunicación de las redes bidireccionales capaces de realizar una óptima gestión de la demanda energética en cada momento; función que realiza los medidores inteligentes y otros dispositivos de gestión, capaces de conectar y desconectar dispositivos a distancia, registros de onda y vigilar tensión y corriente en tiempo real de la demanda; AMI, infraestructura de Medida Avanzada. [31]

Informando a las compañías eléctricas de precios a termostatos y electrodomésticos inteligentes del periodo de horas punta, siendo la elección del mismo consumidor la respuesta a tomar, también la opción de reducir el consumo de electrodomésticos en el hogar o maquinaria en la industria cuando se encuentran en periodo de horas punta, a su vez cambie automáticamente cuando haya terminado dicho periodo.

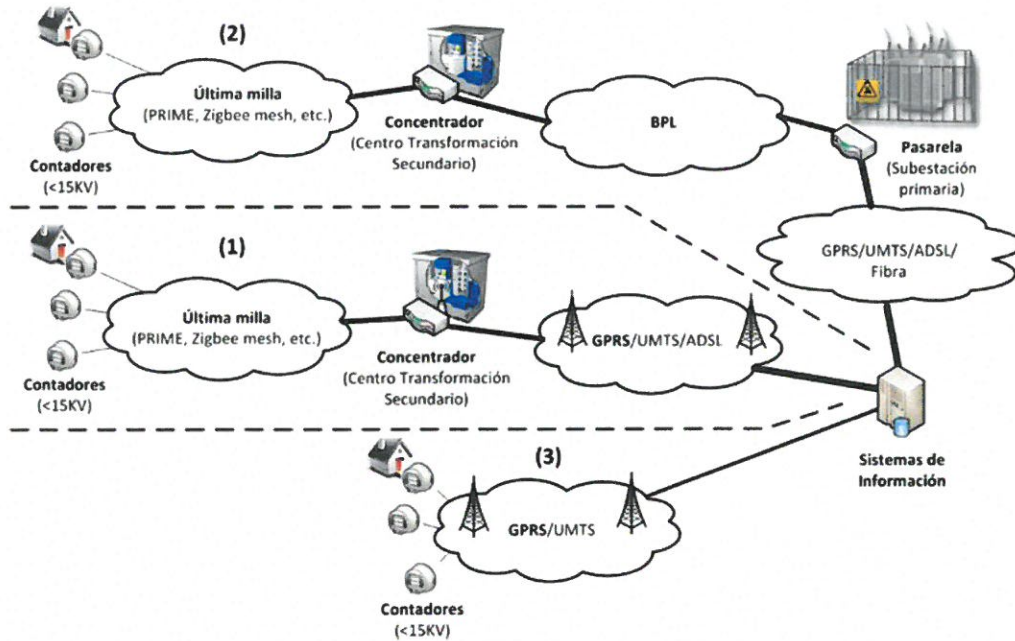


Figura 28. Arquitectura TIC para AMI. Fuente Smart Grid Info.

En la figura 20, se observa tres posibles configuraciones de una red AMI, (1) y (2) corresponden a escenarios con gran densidad de redes eléctricas; donde los contadores inteligentes forman una subred con el concentrador de datos, normalmente situado en los centros de transformación de baja tensión. En el primer caso el concentrador tiene conexión directa con el sistema de gestión BPL; mientras que en el segundo caso utilizan diferentes tecnologías que conectan estos concentradores con la pasarela de gestión (3), utilizándose en escenarios con menor número de nodos geográficamente dispersos; todos con conexión directa con el sistema de gestión.

8.4.1. Arquitectura energética de una Smart Grid

En esta arquitectura se encuentran cuatro áreas funcionales muy parecidas a la red tradicional; generación, transporte, distribución y consumo; siendo la red inteligente mucho más complejo ya que la energía proviene tanto de las centrales convencionales como de fuentes de energía renovable.

La gran variedad de tecnologías que incorpora los sistemas de Smart Grid hacen una arquitectura que tiene interfaces bien definidos, lo que hace una estandarización a través de tres subniveles [29]:

- **HAN (Home Area Network):**

Nivel de red de corto alcance, comunicando electrodomésticos y otros dispositivos del entorno de la vivienda o edificios; controla la información y permite una mejor calidad de consumo. El objetivo es la simplificación de esta capa respecto a las superiores, debido a tecnologías a nivel doméstico; además, pueden estar conectadas con fuentes de energías renovables como vehículos eléctricos, fotovoltaicas o aerogeneradores. Dependiendo de donde se necesiten se debe instalar una BAN (Building Area Network) o una IAN (Industrial Area Network) si es un edificio o una industria respectivamente.

- **NAN (Neighbor Area Network):**

Da un intercambio de información de los contadores inteligentes entre los usuarios consumidores y las empresas de distribución. Este nivel proporciona cobertura en el área limitada donde llegan los edificios.

- **WAN (Wide Area Network):**

Es el nivel más superior en esta arquitectura de redes; mucho más amplia e integra redes de menor tamaño; capaz de recoger datos e información procedentes de las NAN y transmitirlos a largas distancias a las compañías, estaciones de distribución, subestaciones, distribución y centros de control.

Mapeo de la arquitectura en diferentes estándares y tecnologías

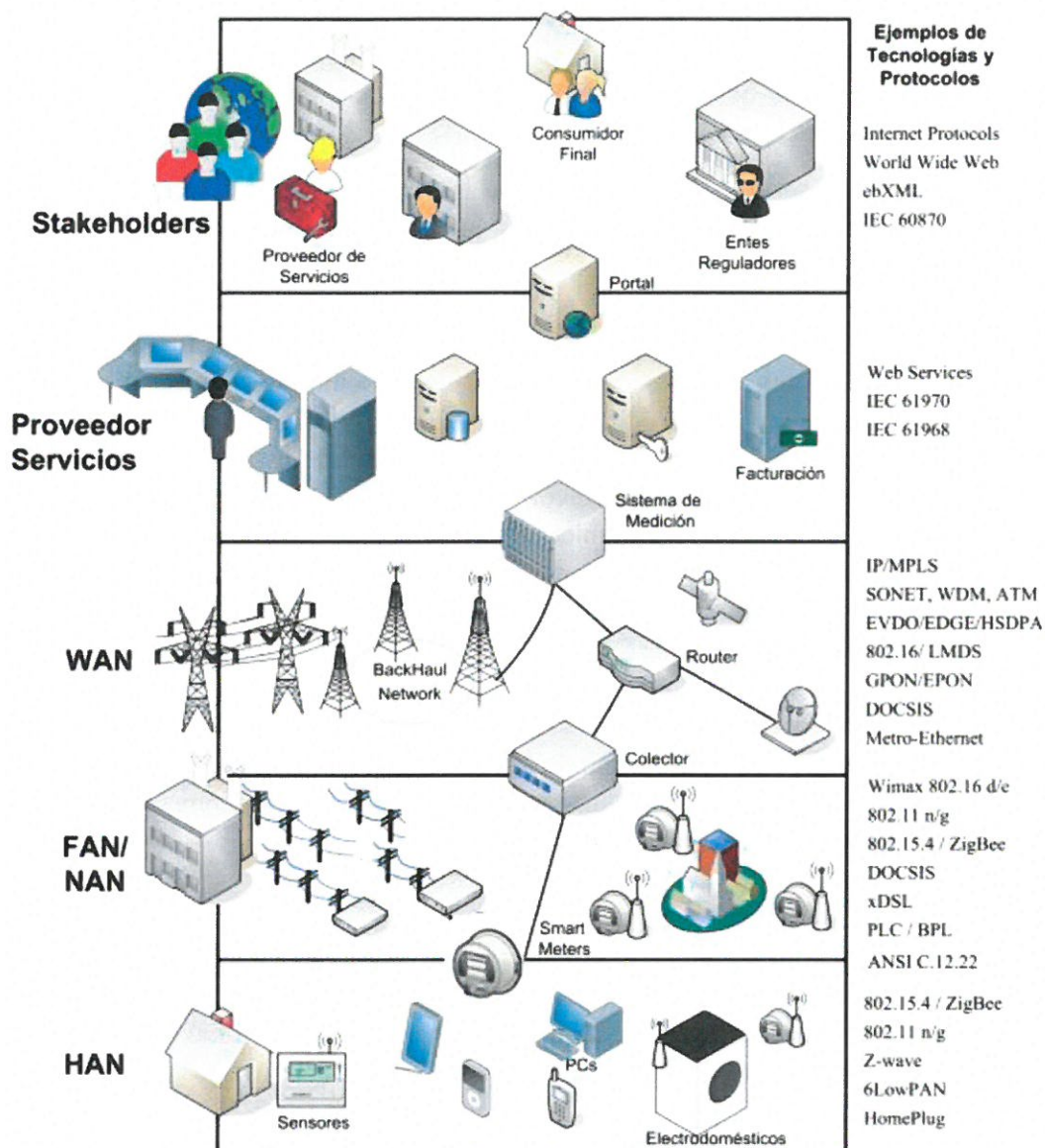


Figura 29. Mapeo de estándares y tecnologías a varios segmentos de Smart Grid

En la figura anterior muestra los diferentes estándares y tecnologías provistas para cada tipo de red de comunicación identificada en el entorno de las Smart Grids.

Proporciona una descripción precisa de la arquitectura, como objetivo la garantía adecuada interoperativa entre todos los dominios y niveles, específicamente entre los sistemas de información y tecnologías de comunicaciones que son los sistemas y tecnologías encargadas de dar datos reales a tiempo real; posteriormente y dependiendo del estado de la red, tomar las medidas oportunas en cada momento, optimizando todos los aspectos en la red; desde fiabilidad y economizar hasta alta seguridad en la generación, transporte y distribución de la energía.

8.5. Micro Redes Inteligentes

Las microrredes son un conjunto de cargas y generadores que forman una red global, integrando sus propios métodos de generación de energía a través de fuentes renovables y teniendo capacidad para satisfacer toda la demanda de energía local; integran sensores de tecnología moderna aportando información, datos y medidas de la red y consumidores en tiempo real a los centros locales, pudiendo así actuar con el resto de microrredes cumpliendo unos requisitos fundamentales como:

- Deben existir fuentes de generación cercanas a las cargas de consumo
- Conviene tener sistemas de almacenamiento energético para cubrir los posibles paros de energía propios de las fuentes renovables.
- Requieren de integración y eficiencia de elementos inteligentes para controlar y gestionar la energía que producen de forma local.
- Han de ser capaces de funcionar de modo aislado

Estas redes aportan mayor robustez a la red global, debido a que trabaja en determinadas zonas como elementos independientes; optimizando la red dotándola de mayor eficiencia en el transporte de energía al ser de menor distancia entre producción y consumo [32]

8.5.1. Principales elementos básicos que componen las micro redes

- **Inversores:** Convierten DC en AC vertida a sistemas de generación de energía, al igual que sucede en instalaciones fotovoltaicas o eólicas.
- **Medidores AMI:** Contadores inteligentes; controladores programables para establecer límites de consumo con un puerto HAN; servicios de tarificación; además, mantienen los sistemas básicos de medida, memoria y dispositivo de información principal; cuenta también con procesadores para el cálculo, comunicaciones y dispositivos de accionamiento y control de potencia.
- **Concentrador:** Elemento intermedio que hace fácil la comunicación entre el sistema de gestión, control y contadores inteligentes AMI.
- **Aplicaciones multi-utility:** Los sistemas de tele gestión son capaces de incorporar datos de medida de otras compañías como servicios de agua y gas.
- **Dispositivos de seccionamiento:** Principalmente aíslan eléctricamente una sección de la red; dejándola sin carga y seguras para su mantenimiento.
- **Recursos distribuidos:** Fuentes de energía independientes tanto de generación como de almacenamiento, automatizada para conectarse a la red principal.
- **Control y manejo de la micro-red:** Mantener la tensión y frecuencias dentro de sus límites establecidos; además, realizan el control de las operaciones dentro de la red.

8.6. Principales tecnologías implicadas

8.6.1. TICs: Tecnologías de la Información y Comunicaciones

Como su nombre indica, son tecnologías de información y telecomunicación; forman el principal sistema nervioso del sistema eléctrico, garantizando la coordinación de los agentes que la componen. Gestionan y controlan el suministro de energía en un marco de sostenibilidad técnica y económica.

Cada día se mejoran y se introducen más TICs en los equipos y sistemas de red eléctrica, proporcionando mayor capacidad de interconexión, aportando un alto nivel de inteligencia a la hora de suministrar energía a los usuarios; el Smart Grid requiere de una arquitectura de red común entre interconexiones que permitan el intercambio de datos para después tratarlos y transformarlos automáticamente en información para mejorar el servicio, fiabilidad y eficiencia de la misma.

Las TICs es un trabajo complejo debido a la gran variedad y cantidad de datos que se necesitan transmitir; a medida que se van introduciendo más funcionalidades a estas redes inteligentes la cantidad de datos a tratar y su complejidad será mayor.

8.6.2. Contadores Inteligentes

Como hemos hablado, es un elemento básico principal para las micro redes ya que la gran cantidad de información procedente de distintos elementos debe de ser procesada; así, obtienen, almacenan y envían datos a los centros de control y su procesamiento [32]

Según las funcionalidades y servicios que tengan se pueden encontrar dos tipos:

- **AMR (Automatic Meter Reading)**: habilitados para la telemedida, pasivos y de comunicación unidimensional; sólo la compañía puede leer la energía.
- **AMI (Advanced Metering Infrastructure)**: Su lectura puede ser leída y gestionada mediante comunicación bidireccional, al instalarse se crean servicios como:
 - Gestiona equipos remotamente, conectando y desconectando la red sin necesidad de un técnico.
 - Permite realizar cambios de potencia contratada y aplicar facturación de discriminación horaria; gestionando el uso de la energía el propio usuario.
 - Mayor eficiencia al monitorizar la calidad de onda y el control de las redes.
 - Permiten ver el consumo de forma remota en tiempo real.

8.6.3. Sensores

Las mediciones y monitorización de sensores son esenciales en las redes inteligentes; se encargan de detectar magnitudes físicas para después transformarlas en señales eléctricas, se almacenan y convierten en datos para ser tratados.

Tienen un gran potencial por su menor coste de instalación y un mayor grado de inteligencia ya que son capaces de usar la comunicación para enviar datos. Con la monitorización de equipos de la red, se conoce a tiempo real tanto el estado y condiciones para determinar posteriormente la necesidad de intervención o mantenimiento.

Las unidades de medición fasorial y sincrofasadores serán los sensores que más van ayudar el uso de las nuevas aplicaciones dentro de la red de transporte y distribución; esta técnica realiza medidas sincronizadas en todo el sistema; el voltaje medido se compara con una onda de referencia global, obteniendo información en fases de todo el sistema; permitiendo realizar mediciones avanzadas en la red [33].

8.6.4. Sistemas de almacenamiento energético

La principal sustentación de las redes eléctricas está en el equilibrio permanente entre generación y demanda; los consumidores siempre tienen un gasto constante, por lo que es necesario predecir la demanda eléctrica para realizar una generación acorde al momento.

Uno de los objetivos del Smart Grid es poder aprovechar al máximo el uso de las fuentes renovables para maximizar la generación de energía; reduciendo al mismo tiempo la dependencia de los combustibles fósiles convencionales. Sin embargo, hay que tener en cuenta las fluctuaciones en su generación, que hacen complicado depender únicamente de estas fuentes como sistemas de generación.

Para combatir los picos de demanda energética y poder hacer frente a la independencia de la generación de fuentes renovables es necesario el sistema de almacenamiento de energía local; los investigadores están desarrollando distintas tecnologías sobre métodos de almacenamiento energético; sin embargo, al encontrarse en fase y tecnológicamente inmaduras, provoca que sea un mercado con menor atractivo en el desarrollo de algunas tecnologías a corto plazo.

Como beneficio de esta tecnología a gran escala para la red está en un incremento de la capacidad efectiva de transporte y distribución; además, una mayor fiabilidad del sistema. Las tecnologías de almacenamiento en desarrollo se basan en una serie de principios mecánicos, térmicos, electroquímicos y electromagnéticos que determinan su clasificación en diez tipologías [25]:

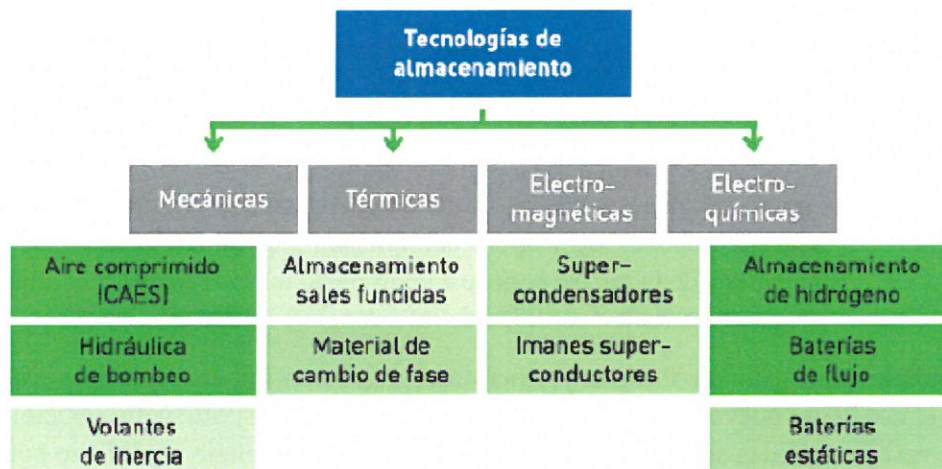


Figura 30. Diferentes tecnologías de almacenamiento de energía

- **CAES (Compressed Air Energy Storage):** Consiste en el almacenamiento por aire comprimido, para ello aprovecha la energía sobrante durante las horas valle para comprimir aire y almacenarlo en compartimientos subterráneos que posteriormente liberan para alimentar una turbina generadora de energía durante las horas de más demanda, horas punta.
- **Hidráulica de bombeo:** Durante los periodos de escasa demanda, se aprovecha para utilizar esa electricidad que no se utiliza para bombear agua a un depósito superior, después en periodos de alta demanda hacer correr el agua hacia el depósito inferior alimentando una turbina generadora. Se considera una tecnología madura al llevar bastantes años implantada en algunas centrales hidroeléctricas.
- **Volantes de inercia:** Se almacena la energía en forma de energía cinética de rotación, aumentando ésta a medida que aumenta la velocidad de giro, conectándose a un motor que devuelve la energía para ser utilizada.
- **Imanes superconductores:** se almacena energía a través de esta tecnología formando un campo electromagnético, el cual se crea a partir de la circulación de corriente continua a través de bobinas superconductoras.
- **Súper condensadores:** El almacenamiento energético en condensadores se forma en un campo eléctrico al estar formado por grandes láminas separadas por material dieléctrico que, sometidos a una diferencia de potencial, adquieren carga eléctrica.
- **Baterías de flujo:** Existen gran variedad, pero su máximo desarrollo se encuentra en las de tipo Redox de vanadio y las de sodio y azufre.
- **Almacenamiento de hidrógeno:** Su funcionamiento consiste en la electrólisis para la generación del H_2 y O_2 , posteriormente se almacena el H_2 en emplazamientos, lo que permite una posterior generación eléctrica en turbinas o celdas de combustible.
- **Sales fundidas:** basada en la utilización de la energía solar de concentración para calentar tanques de sales fundidas. El calor que se almacena dentro de los depósitos no ha de convertirse inmediatamente a electricidad, sino que puede almacenarse durante algún tiempo para posteriormente hacerlas pasar a través de una turbina de vapor.

Actualmente, existen distintas tecnologías en distintas fases de madurez, trayendo consigo algunas ventajas e inconvenientes, además de costes en su implantación y desarrollo que las posiciona como alternativas a gran escala en función de la demanda de generación eléctrica.

Tipo	Madurez	Coste Energético	Limitación del Emplazamiento	Oposición Publica	Apoyo Político
CAES	Principalmente Madura	Superior que la mayoría de aplicaciones	En países desarrollados posibilidad de construcción	Leve	Países
H ₂	Precisa pruebas a gran escala	Superior sólo en gran escala y largo plazo	En países desarrollados posibilidad de construcción	Objeciones sobre seguridad	EEUU proyecto de ley presentado al congreso del 20% de créditos fiscales a la inversión
Batería de flujo	Precisa demostrarse a gran escala	Superior solo a pequeña escala y corto plazo	Sin requisitos geológicos concretos	Poca objeción medioambiental, excepto vertidos químicos	UE Alemania elimino la tarifa por uso de la red para instalaciones de almacenamiento
Hidráulica de Bombeo	Madura	Competitiva en costes según la ubicación	Europa ya dispone de ellos	Pocas objeciones medioambientales, profundo impacto en el paisaje	OM Sin medidas conocidas

Tabla 3. Ventajas e inconvenientes de las principales tecnologías de almacenamiento energético. Fuente IDAE.

8.7. Electrónica de potencia en Smart Grid

Es la parte de la electrónica encargada del estudio de circuitos, sistemas y procedimientos para el control y conversión de la energía. En los últimos años gracias al uso de la electrónica de potencia se están volviendo más inteligentes, evolucionando hacia las Smart Grids a través de los dispositivos FACTS (Flexible Alternating Current Transmission System); como su nombre indica, sistemas de transmisión flexibles de corriente alterna; haciendo posible regular la transmisión de corriente alterna, disminuyendo o incrementando el flujo de potencia.

Gracias a los FACTS, la red dejará de instalar nuevas líneas para proporcionar más calidad de red haciendo frente a las congestiones y problemas de flujos; esto le conllevaba grandes costos y limitaciones medioambientales [34].

Los objetivos primordiales que persiguen los FACTS son:

- Incrementar la capacidad de transferencia de potencias de los sistemas de transmisión.
- Mantener los flujos de potencia a lo largo de la red eléctrica para que se adecuen a las distintas condiciones, con el fin de optimizar las condiciones económicas del sistema.

Las tecnologías más comunes, representando casi hasta el 90% de las aplicaciones, son los sistemas SVC (Static Synchronous Compensator), compensador estático síncrono [35].

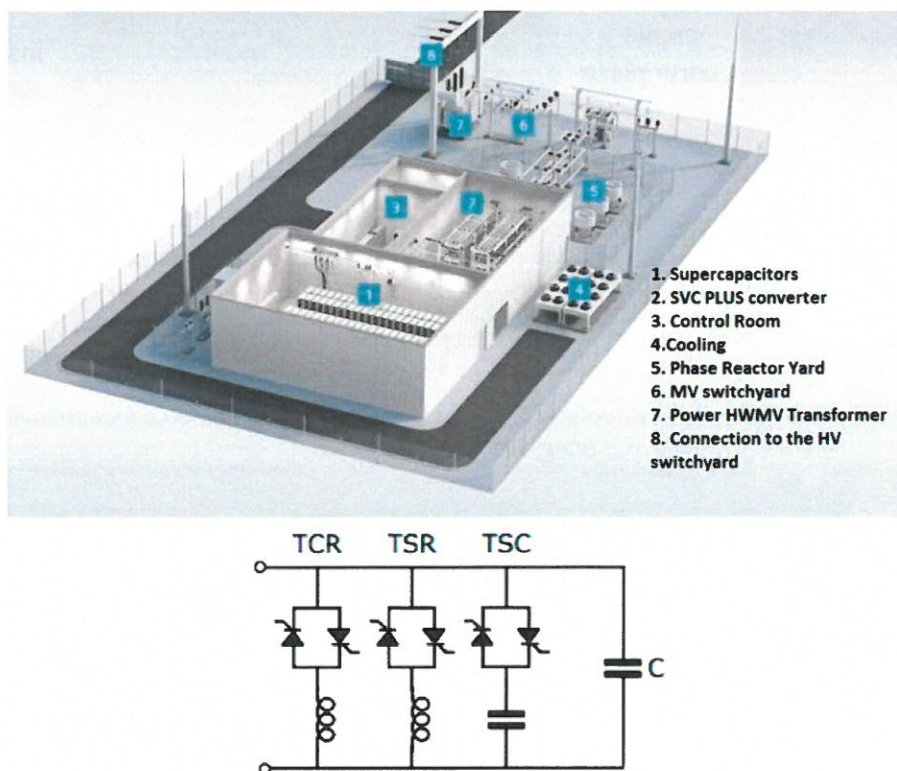


Figura 31. Diseño y Esquema Simplificado de un SVC. Fuente EENEWS EUROPE.

- SVC: Para aumentar la calidad de suministro se facilita el control de tensión, desde el punto de vista de transporte energético se mejora la estabilidad y

capacidad en las líneas, aumentando la capacidad de transferencia de electricidad y reduciendo variaciones de tensión.

- **STATCOM:** Basado en un convertidor que modula una fuente de tensión de amplitud. Fase y frecuencias deseables, Capaz de adoptar corrientes relativas independientemente del nivel de tensión de la red.

Al contrario que una SVC, es capaz de aportar corriente reactiva a tensiones muy bajas, por lo que es recomendable su utilización en esos casos, requiriendo menor inversión y coste de mantenimiento que una SVC.

Los principales beneficios que aportan los FACTS son [36]:

- Mejor control sobre el flujo de potencia, enviándola a través de determinados caminos con menos carga.
- Posibilidad de operación con niveles de carga seguros y cercanos a los límites térmicos de las líneas de transmisión.
- Mayor capacidad de transferencia de potencia en áreas controladas.
- Aumento de la seguridad del sistema.
- Atenuación de las oscilaciones de potencia del sistema, que son dañinas para los sistemas equivalentes de la red.
- Rápida actuación ante cambios de condiciones de la red, proporcionando un control de flujo.
- Mayor seguridad en las conexiones entre líneas de distintas compañías de diferentes áreas, así como de generación renovable y distribuida.

Los aspectos negativos y desventajas implantados por los FACTS:

- Costes elevados al inicio de la instalación.
- Necesidad de ampliar su instalación a la totalidad de la red para aumentar la efectividad del sistema.

8.8. Redes de Comunicación en las Smart Grid

La arquitectura de las telecomunicaciones en las redes inteligentes debe de estar preparada para trabajar con grandes cantidades de datos; provenientes de sensores y diferentes dispositivos interconectados en la misma, se puede hablar de un sistema ciber-físico cuando se procesa miles de datos de contadores inteligentes.

La estructura de comunicación requiere de latencia, fiabilidad, seguridad, ubicuidad, escalabilidad e interoperabilidad [33]:

- **Latencia:** La cantidad de datos que se transmitirán entre dispositivos determina el comportamiento de algunos elementos en tiempo real, por lo tanto, será necesario una red en la que se minimicen los retardos en la recepción de información para gestionar la respuesta óptima lo más rápido posible.

- Fiabilidad: La red debe de realizar todas sus tareas correctamente en todo momento
- Seguridad: debe de ser capaz de asegurar la privacidad y confidencialidad de la información, ya que se van a transmitir gran cantidad de datos e información de consumo de miles de clientes.
- Ubicuidad: La red de comunicación tendrá que abarcar todas las ubicaciones que forma parte de la Smart Grid para permitir la comunicación entre dispositivos situados a distancias considerables.
- Escalabilidad: Las redes de comunicaciones deben estar diseñadas para permitir su fácil ampliación y diseñadas para hacer frente a futuros cambios
- Interoperabilidad: las comunicaciones de una Smart Grid estará integrada por distintas tecnologías que han de ser flexibles para compartir datos y posibilitar el intercambio de información.

Como se comentó en el punto 8.4.1. En la arquitectura energética de una Smart Grid existen tres segmentos de comunicación entre distintas áreas de la red (HAN, NAN Y WAN). Definir la tecnología en cada segmento es importante para la implantación de estas redes inteligentes; ya que mediante la incorporación de nuevas tecnologías se actualiza la red de comunicación, ofreciendo un mayor ancho de banda.

Tipo de red	Alcance (m)	Requerimientos de tasa de datos	Tecnologías
HAN	0-50	Baja tasa de bits para control de la información.	Zigbee, Wi-Fi, PLC, Ethernet
NAN	0-700	Capacidades de decenas de cientos de Kbps	Zigbee, Wi-Fi, PLC, 3G
WAN	Decenas de Km	Dispositivos de Alta capacidad tal como es un <i>router / switch</i> de alta velocidad (capacidades entre cientos de Mbps y Gbps por nodo).	Ethernet, Microonda, WiMAX, 3G-4G/LTE, PON

Tabla 4. Requerimientos potenciales de comunicaciones en Smart Grid. Fuente Revista Educación en Ingeniería.

**NIVEL DE IMPLANTACIÓN EN
GENERACIÓN DISTRIBUIDA Y SMART
GRID EN ESPAÑA**

9. Nivel de implantación en Generación Distribuida y Smart Grid en España

9.1. Normativa y regulación española

En el marco normativo español no existen leyes específicas que regulen la integración de las redes inteligentes en el sistema eléctrico; sin embargo, existen algunas normativas que regulan algunos aspectos relacionados con los conceptos de Smart Grid, las más importantes para su implantación al nuevo sistema de red eléctrica inteligente son los siguientes:

- Real decreto 1110/2007 del 24 de agosto [37].

Aprobación del reglamento unitario de puntos de medida; obligando su implantación para un sistema homogéneo y efectivo que registre valores de consumo, generación activa/reactiva y la potencia. Establece derechos y obligaciones básicos, como el control de la calidad de suministro eléctrico; también, menciona aspectos relacionados con aplicaciones de gestión de cargas con el objetivo de reducir la demanda en momentos críticos.

- Orden ITC/3860/2007 del 28 de diciembre [38].

En la que se revisan tarifas eléctricas y se define el plan de sustitución de los equipos de medición. Estipula que “todos los contadores de medida en suministros de energía eléctrica con una potencia contratada de hasta 15 kW deberán ser sustituidos por nuevos equipos que permitan la discriminación horaria y la tele gestión antes del 31 de diciembre de 2018”. Adecuándose al siguiente plan de instalación:

- De 2008 a 2010 el 30%
- En 2012 más del 20%
- En 2015 más del 20%
- En 2018 más del 30%

España es el segundo país europeo con mayor instalación de contadores inteligentes, habiendo sustituido más de 26 millones de contadores.

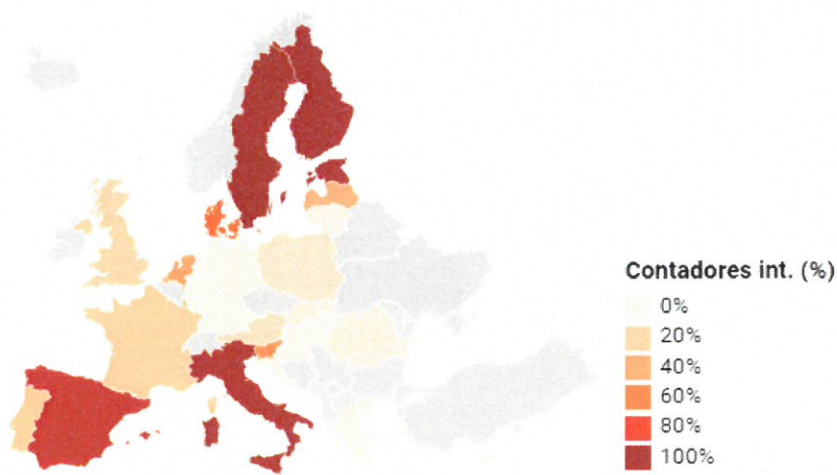


Figura 32. Porcentaje de instalación de contadores inteligentes en Europa. Fuente Comisión Europea/VERT

Como se aprecia en la (Figura 20), Suecia, Finlandia, Estonia, Italia y España; lideran en ese orden en la instalación de contadores inteligentes; España con más del 93,1% de los 28 millones de contadores son inteligentes y el 100% en Suecia con más de 5.3 millones de puntos de suministro [39].

■ ■ EL PLAN DE SUSTITUCIÓN DE CONTADORES

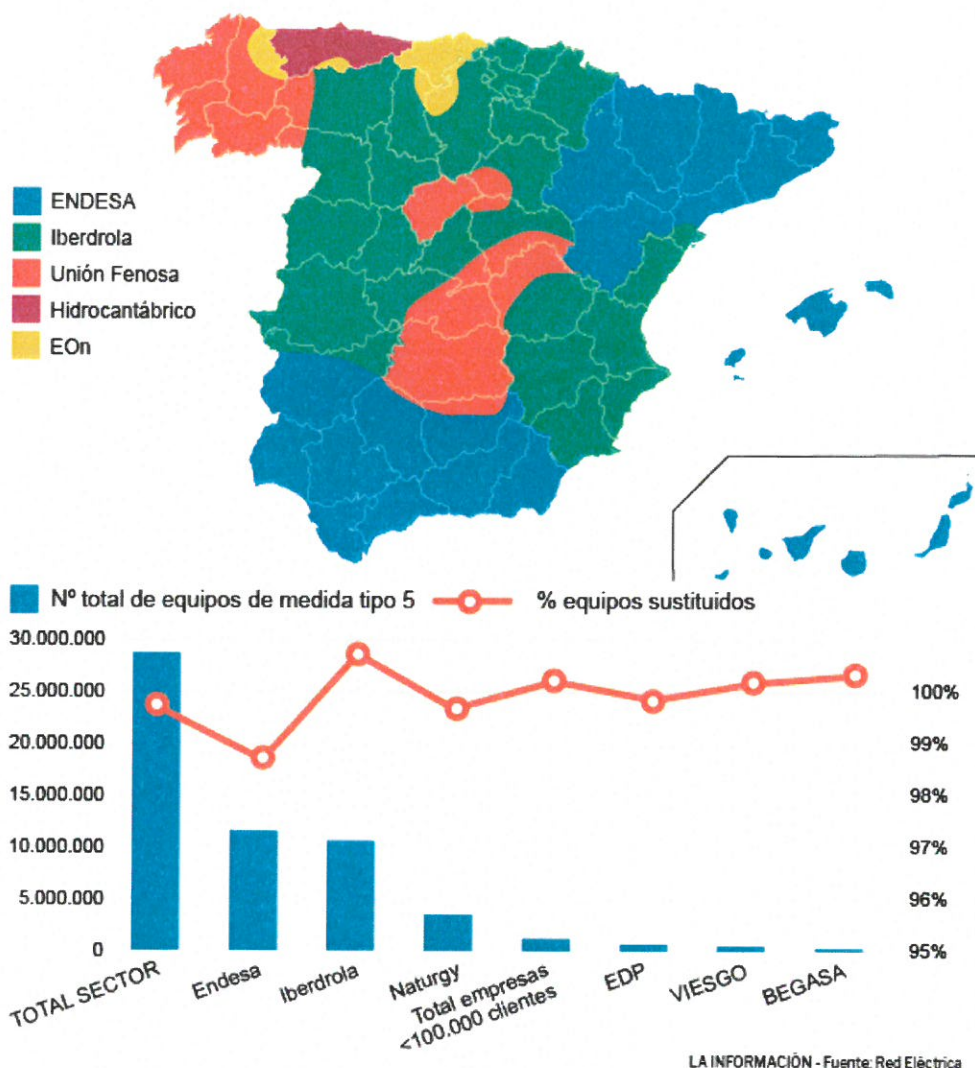


Figura 33. Plan de sustitución de contadores en España por diferentes compañías eléctricas.
Fuente La información, Extraído de **CNMC**.

Como se analizó en el punto 8.3.7. Sobre las barreras en el desarrollo del Smart Grid; Para el acomodamiento en el sistema de red, es necesaria la creación de normativas y leyes energéticas para el cambio de contadores. Las Smart Grid crean servicios y modelos de negocio más complejos a los existentes; por ello, se requieren de legislaciones que regulen de la forma más adecuada el mercado.

MEDIDAS A CORTO Y MEDIO PLAZO
HACIA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

10. Medidas a corto y medio plazo hacia la Generación Distribuida

10.1. Introducción a la Generación Distribuida

La generación distribuida representa un gran cambio en el prototipo de la generación eléctrica en España; aunque se piensa que es un concepto moderno, tiene principios desde los orígenes en los inicios de la generación eléctrica. De hecho, se creó la generación en el mismo lugar de industrias, después como parte del crecimiento tecnológico y demográfico de la demanda, se creó la generación centralizada; situando los generadores de energía en un punto donde se repartía la energía a los diferentes demandantes, donde estos crecían a su alrededor. Sin embargo, con algunas restricciones debido a las limitaciones tecnológicas a la hora de la generación de corriente continua y su transporte por baja tensión; en esos tiempos oscila sólo entre los 30 km y 57 kilómetros

Con el paso del tiempo, la generación se estructuró con corriente alterna y transformadores de corriente, lo que permite desde las centrales recorrer largas distancias en su transporte hasta su demanda y estar cerca del suministro de combustible y agua.

En los años setenta, factores ecológicos, energéticos y energéticos a nivel mundial, plantearon la necesidad de desarrollar alternativas tecnológicas para asegurar la continuidad del suministro y la calidad de la energía; además del ahorro y el uso eficiente de los recursos naturales para su generación.

10.2. Generación Distribuida, Potencial de crecimiento en España

Tecnología subdesarrollada en la antigüedad y menos eficiente que en la actualidad; Las dos condiciones que ha de cumplir una instalación de generación debe ser que tenga una potencia pequeña y estar conectada a la red; gran parte de los puntos de generación provienen de fuentes renovables, cogeneración y residuos (llamado régimen especial), con potencias inferiores a 50 MW.

En función de la energía primaria que utilicen para la generación energética, la generación distribuida se puede clasificar en dos grupos, renovable o no renovable. Cabe destacar que se estima una introducción inicial de 50 MW anuales de energía fotovoltaica; creciendo de forma continua hasta 1.459 MW acumulados entre 2016 y 2020 para luego ir decreciendo la productividad hasta los 400 MW anuales en 2025. (Plataforma para el impulso de la generación distribuida y el autoconsumo energético, 2012)

La Agencia Internacional de la Energía prevé que la tendencia de reducción de costes de la tecnología fotovoltaica y aumento del coste de generación ordinaria por el usuario (autoconsumo), podría alcanzar la paridad de red (igualación o menor costo de producción para el consumidor con el coste de la energía de red), entre 2020 y 2030 el coste de la generación de un sistema fotovoltaico típico podría ser competitivo con el precio mayorista de la electricidad.

TECNOLOGÍAS DE GD	Maduras	Motor alternativo Turbina de gas Minihidráulica Eólica Solar térmica Fotovoltaica Residuos
	Semi-maduras	Biomasa Microturbina Pila de combustible
	Emergentes	Marina Geotérmica
SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO	Maduras	Bombeo Batería
	Semi-maduras	Térmico Volante Aire a presión
	Emergentes	Hidrógeno SMES Ultracapacidades

Tabla 5. Sistemas de generación distribuida y almacenamiento según su desarrollo. Fuente: *Guía básica de la generación distribuida.*

España obtiene un mix energético muy amplio; tecnologías de gestión distribuida y sistemas de almacenamiento energético desde fase de desarrollo, hasta algunas centrales muy maduras como por ejemplo las de motor alternativo, mini hidráulicas, de bombeo, etc. [40]

10.2.1. Motor alternativo de combustión Interna

Motores que aprovechan la combustión de gases en el proceso de combustión para empujar un émbolo o pistón transformando la energía térmica en rotación.

Empleados principalmente en plantas de cogeneración; poseen mayor flexibilidad ante variaciones de carga que las turbinas de gas y son capaces de utilizar diferentes energías primarias para la transformación, el más utilizado el gas natural.

Existen numerosas instalaciones con este tipo de motores, como por ejemplo la Universidad de Santiago de Compostela; abasteciendo con energía térmica y eléctrica con 10 módulos de cogeneración de 3.1 MW. Por otro lado, el Hospital central de defensa de Madrid, abasteciendo de igual forma, pero con 6 MW de potencia; reduciendo los costes energéticos al hospital y aumentando la fiabilidad y garantía de suministro en cada momento; además, aportando grandes ventajas medioambientales.

Figura 34. Motor combustión interna. Fuente: *Soltech Energía*



10.2.2. Turbina de Gas

El aire comprimido se mezcla con el combustible quemándose a presión constante, la máquina térmica desarrolla trabajo al expandir un gas; utilizadas en ciclos simples, cogeneración y ciclo combinado. El tamaño varía entre 0.25-500 MW de potencia, con

aplicaciones comerciales entre 1 y 2 MW; eficiencias de 40% a 60% en ciclos combinados y de 70%-80% en cogeneración.

Para aplicaciones de generación distribuida debe ser de baja potencia, entre 20 y 30 kW; cubriendo las normativas de la generación distribuida y soporte de red de distribución en plantas, fábricas y edificios; disminuyendo el consumo específico de combustible y por tanto aumentando la eficiencia del ciclo. [40]

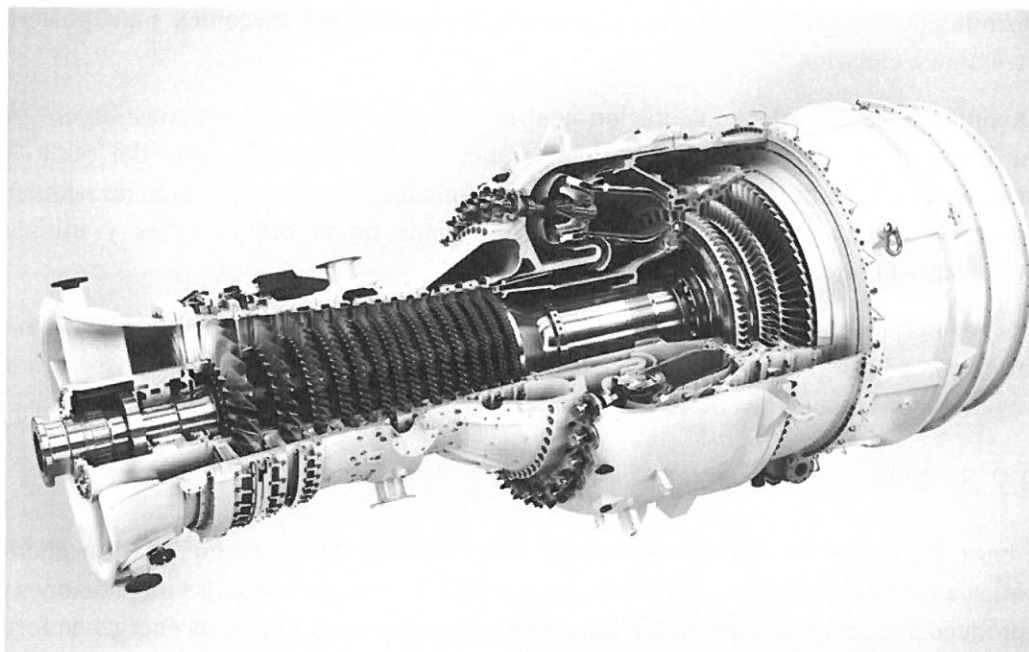


Figura 35. Turbina de Gas. Fuente world energy trade.

10.2.3. Mini-Hidráulica

Aprovechan el potencial del agua almacenada en embalses o procedente de ríos para transformarla en energía cinética a su paso por las tuberías forzadas; luego, se transforma en energía mecánica y a través de las turbinas finalmente en energía eléctrica.

Sólo las centrales mini-hidráulicas con potencias máximas de 10 kW pueden considerarse dentro de la generación distribuida; definiéndose la potencia de la instalación como el producto del caudal por el salto, siendo los caudales entre 0,4 y 200 m³/s y saltos de 3 a 250 metros; diferenciándose en dos tipos de centrales:

- Central de agua fluyente, aquellas en las que parte del cauce del río se desvía mediante canales hasta las turbinas, variando su caudal dependiendo del año en función del régimen hidrológico del curso del agua
- Central de embalse, mediante construcciones de presas en el cauce del río para almacenar agua; estas centrales se sitúan a pie de embalse o más alejadas para mejor salto (mixta)
- Central en canal de riego o de abastecimiento

Uno de los beneficios de estas centrales es de carácter de generación distribuida; ya que en ocasiones las fuentes renovables se encuentran cerca de los puntos de consumo y si no

fuese así provocaran unas pérdidas al sistema de aproximadamente el 10% de la producción neta de electricidad.

10.2.4. Eólica

Utiliza como principal recurso energético la fuerza del aire, que al incidir sobre las palas del aerogenerador la energía cinética del viento se transforma en energía de presión transmitiendo un giro al eje para transformarlo en energía mecánica para posterior conversión a eléctrica.

Actualmente, se considera generación centralizada aquella en la que constituyen gran cantidad de aerogeneradores, llamados parques eólicos situados lejos del punto de consumo. Si hablamos de generación distribuida únicamente se considerarán las pequeñas instalaciones cerca del consumidor aislado, alejada de la red eléctrica y utilizada comúnmente para el bombeo de agua.

Cada vez más común la instalación de infraestructuras eólicas en empresas para su ahorro energético, como por ejemplo el sistema del grupo Sacyr Valle hermoso con un aerogenerador en la azotea de su torre en la ciudad deportiva a 235 m de altura. [40]

10.2.5. Solar Térmica

Se basa en la transformación de energía procedente de la radiación solar en energía térmica a un fluido; aceite o normalmente agua. En el caso de pequeñas instalaciones no se produce directamente generación distribuida, sino que se aprovecha la energía en forma de calor.

Dependiendo de la temperatura máxima del fluido se caracterizan en tres; baja temperatura (captadores planos y con tubo de vacío), media (espejo cilindro-parabólico) y alta temperatura (discos parabólicos y centrales de torre). Sólo se puede considerar generación distribuida aquellos de baja temperatura y discos parabólicos que no superen los 10 MW cercanos al consumo.

Uno de las aplicaciones para pequeños equipos aislados son los de disco parabólico; con eficiencias teóricas altas; sin embargo, todavía están en fase de experimentación, siendo los sistemas más alejados de su comercialización. Los captadores planos y tubos de vacío son los más utilizados; con temperaturas por debajo de los 100°C usados en calefacción, climatización de piscinas, agua caliente sanitaria, etc. [40]

Desde septiembre de 2006, el Código Técnico de la Edificación estableció que todos los edificios de nueva construcción y en rehabilitación de cualquier uso en los que exista una demanda de aguas calientes sanitarias deberá tener un aporte obligatorio de energía solar térmica que variará entre un 30 y 70% en función del volumen diario previsto de agua caliente demandado.

10.2.6. Solar Fotovoltaica

Generación de energía eléctrica a través de la radiación solar; que a través de un material semiconductor absorbe los rayos del sol, provocando un desplazamiento de cargas por las denominadas células fotovoltaicas en su interior y originando la generación de corriente continua.

Existen instalaciones en la actualidad de gran extensión, llegando a considerarse de generación centralizada; sin embargo, tienen potencias bajas y conectadas a redes de baja tensión por lo que pueden considerarse dentro de la generación distribuida.

Debido al nuevo Código Técnico de la Edificación, desde 2006 tiene una mayor integración arquitectónica ya que es obligatorio la instalación para la producción mínima de energía solar fotovoltaica para edificios comerciales, el precio pico mínimo a instalar será de 6.25 kWp y el inversor con 5 kW de potencia.

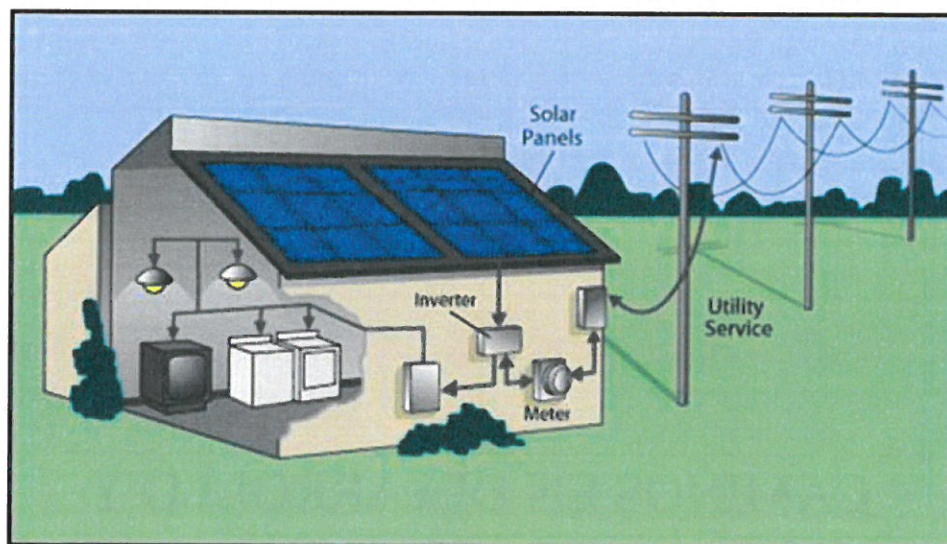


Figura 36. Esquema básico de conexión fotovoltaica aislada en generación distribuida. Fuente Suelo Solar.

El desarrollo de esta tecnología ha alcanzado un ritmo de crecimiento; entre 1990 y 2014 la capacidad de suministro en este sector aumentó un 11%, siendo de un 4,5% la potencia instalada en 2018 y un 3,5% del total de la infraestructura, tanto renovable como no renovable en 2019.

**CAMINOS EN DESARROLLO Y
BARRERAS PARA LA GENERACIÓN
DISTRIBUIDA**

11. Caminos en desarrollo y barreras para la Generación Distribuida

La creciente demanda energética en los últimos años, junto con las restricciones medioambientales a la hora de nuevas construcciones de centrales de producción o ampliación de infraestructuras de las ya existentes hacen que sean decisivo en la disposición del proyecto.

La generación distribuida actual y el desarrollo que se prevé que experimentará en los próximos años obtienen una serie de caminos que le facilitarán el desarrollo y barreras que lo frenan; por ello nombraremos una serie de situaciones y medidas que de forma conjunta influyen en el nuevo modelo de negocio [40].

11.1. Factores en desarrollo

- Nueva estructura en el sector eléctrico, eliminando planificaciones centralizadas y estableciendo libertad de competencia generadora; solo nueve de los 25 países de la UE forman parte del comercio eléctrico liberalizado, entre ellos España.
- Demandas fuertes hoy en día que producen una saturación de la capacidad; problemas en la ubicación de centrales o en ampliaciones de infraestructuras del sistema de potencia.
- Pérdidas energéticas en la red; un 30% de la inversión se deriva a cubrir costes de transporte, distribución y pérdidas en la red, entre un 7-10% de la potencia total generada. La generación distribuida reduciría notablemente estos costos.
- Avance en el desarrollo de fuentes alternativas de generación distribuida, permitiendo fácilmente la reducción de costes de instalación, operación y mantenimiento.
- Agotamiento de los recursos naturales para la generación de energía:
 - Carbón: 200-250 años.
 - Uranio: 70-90 años.
 - Gas natural: 60-80 años.
 - Petróleo: 40-50 años.
- Autonomía energética; actualmente España se sitúa en un 80% de importaciones, tratando de buscar y explotar fuentes energéticas autóctonas con el fin de reducir la dependencia exterior en materia prima.
- Reducción de emisiones de gases efecto invernadero gracias al protocolo de Kyoto entre 2008 y 2012. Producción descentralizada que reduce contaminación y optimiza la eficiencia en el uso de combustibles, reduciendo también indirectamente las emisiones contaminantes.
- La fiabilidad del suministro favorece a la continuidad en el servicio; afectando a procesos industriales, sectores de la informática y telecomunicaciones, etc. En donde cualquier indisponibilidad de suministro pueda causar grandes pérdidas.

- Desarrollo en regiones aisladas donde la energía eléctrica no llega, favoreciendo una homogeneidad en todo el país.

11.2. Barreras en la Generación Distribuida

A pesar del mercado esperanzador que presenta la generación distribuida, existen factores que impiden la implantación masiva de algunos tipos de instalaciones; habiendo así, barreras técnicas, económicas y regulatorias.

Barreras Técnicas:

Uno de los principales impedimentos es la madurez de algunas tecnologías, reduciéndose en eficacia, fiabilidad, tiempo de vida, etc. Además, la producción depende siempre de la disponibilidad del recurso renovable y factores ambientales.

La barrera de interconexión con exigencias de las compañías distribuidoras, que actualmente no están preparadas técnicamente para conectar con Generación Distribuida; ya que estas fueron diseñadas para conectar cargas, no generadores; es necesario a su vez adaptar normativas técnicas y desarrollar experiencia con este tipo de generaciones.

Barreras Económicas:

Los costos de inversión y mantenimiento se elevan en la introducción en el mercado, asumiendo plazos de amortización muy altos; una investigación previa, desarrollo tecnológico y herramientas específicas de financiación podrían ayudar a reducir riesgos en la inversión inicial.

Barreras Regulatorias:

Estas barreras incluyen inconvenientes en el momento de la obtención de licencias en instalación (problemas medioambientales, sociales, etc.), involucrando autoridades locales, regionales y nacionales; pudiendo hacerse un proceso bastante largo y tedioso para la compañía.

INICIATIVAS EN ESPAÑA Y EL MUNDO
HACIA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA

12. Iniciativas en España y el mundo hacia la generación distribuida.

12.1. Financiación de Proyectos

Uno de los aspectos más importantes en la actualidad para impulsar los proyectos de energía limpia para generación distribuida es la financiación, mayormente apoyada por departamentos públicos en los que cabe destacar:

- **Financiación por Terceros, (TPF).**

Útil para cogeneración y generación distribuida; además, en aquellos proyectos en los que el usuario requiera de conocimientos en la tecnología energética aplicada para su desarrollo. Para estas situaciones a veces se presenta un experto externo que proporcione esos conocimientos necesarios, conocida como Compañía de Servicios Energéticos (ESCO), que mandará en las fases del proyecto, obteniendo financiaciones; también, garantizará desde el diseño hasta su operación, mantenimiento y puesta en marcha.

Las principales ventajas de la TPF son:

- La ausencia de la inversión por el promotor, éste solo paga los servicios establecidos con la ESCO.
- No es necesario conocimientos específicos en proyectos energéticos por el promotor.

El Instituto de Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), apoyan en todas las etapas del proyecto TPF.

- **Financiación IDEA.**

Como principal objetivo el impulso a proyectos innovadores en tecnología. El desarrollo en la Generación Distribuida la realiza principalmente en espacios de cogeneración y la participación del IDEA en las Uniones Temporales de Empresas UTE alcanza hasta un 80%.

La financiación de préstamos IDEA 2006 dotó inicialmente con 30 millones de euros para apoyar proyectos de energía solar térmica, fotovoltaica aislada y biomasa doméstica, además de instalaciones de cogeneración.

- **Plan Nacional de I+D+i y convenio ICO-CDTI.**

Para financiaciones en proyectos con capacidades de innovación y desarrollo tecnológico en el sector de la fabricación de bienes de equipo.

El Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica tiene como objetivo mejorar el estatus español en el sector científico-tecnológico de la UE y la OCDE; ocupando para un desarrollo totalmente sostenible los aspectos de generación, transformación, almacenamiento y distribución.

- **Incentivos Regionales.**

Cada comunidad autónoma impulsa su desarrollo regional mediante ayudas financieras dirigidas principalmente a inversiones en bienes de equipo. Incentivos que se regula a través de las empresas energéticas de las distintas comunidades autónomas.

Los incentivos regionales proporcionan ayudas para la promoción del ahorro y la eficiencia energética en las viviendas directamente y por otro lado la promoción de la energía limpia; ayudas que en este último caso también ayudan tanto a autónomos del sector eléctrico como convenios establecidos con cajas de ahorros para facilitar aún más las inversiones y préstamos para su instalación.

Ayudas orientadas a pequeñas y medianas empresas, autónomos, corporaciones locales y particulares.

12.2. Especificaciones particulares de Redes Inteligentes en España

Considerando los artículos 12 y 14 del Real Decreto 337/2014; artículo 13 y 15 del RD 223/2008; artículo 14 del RD 842/2002; por el que se aprueban condiciones técnicas y garantías de seguridad en alta tensión (RAT y LAT), y el reglamento electrotécnico para baja tensión respectivamente. Junto con las observaciones de las especificaciones particulares y proyectos tipo, informes técnicos de laboratorio y evaluar las alegaciones presentadas; se realiza la petición de informe a la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia (CNMC), emitido el 13 de noviembre de 2019 resolviendo los siguientes puntos [41]:

1. Aprobaciones de las Especificaciones Particulares y Proyectos Tipo, en la edición y fecha indicadas en el Anexo III, sustituyendo las anteriores.
2. Anular las Especificaciones Particulares y Proyectos Tipo, indicada en Anexo II.
3. Las Especificaciones y Proyectos aprobados podrán ser aplicados para todas las instalaciones de energía eléctrica de i-DE Redes Eléctricas Inteligentes construidas dentro de la presente resolución; independientemente si son instalaciones de empresas oficiales o terceros cediendo su explotación y titularidad.
4. Acceso libremente al contenido a través de la sede electrónica del Ministerio de Industria, Comercio y Turismo.
5. Esta aprobación incluirá diversas consideraciones a tener en cuenta:
 - No se incluyen normas o documentos referenciados en el documento aprobado.
 - No se permite incluir factores económicos o administrativos, así como protecciones adicionales a las exigidas por el reglamento; además, no se podrá sobredimensionar la instalación sin justificaciones, salvo aquellos parámetros normalizados de los propios materiales.
 - La aprobación no podrá suponer un inconveniente a futuros desarrollos tecnológicos, siempre y cuando se justifique dicho cambio en el proyecto; además de no obtener perjuicios a las compañías para adaptar normas y poder amortizar las especificaciones particulares.

12.3. proyectos tipo de i-DE Smart Grid, SAU en España



Figura 37. Logotipo del Grupo Etra Investigación y Desarrollo

- Nuevo modelo energético de energías renovables, mayor eficiencia energética y redes inteligentes centradas en el consumidor final. ETRA I+D (Valencia); este nuevo modelo referenciado a través de proyectos europeos como Nobel Grid y WiseGRID, ofrece un aumento de la inteligencia, estabilidad y flexibilidad a la red eléctrica con un mayor uso de sistemas de almacenamiento; además, de un impulso del vehículo eléctrico y su infraestructura de recarga.



Figura 38. Logotipo de Ciberplus energy

- CIDERPLUS ENERGY BOX, el compute de Generación renovable, inteligente, conectado y eficiente Ciderplus Energy Box (CEB) (Boecillo, Valladolid). Basado en la generación de energía mediante recursos renovables como biomasa y/o solar, proporcionando suministro térmico y eléctrico a través de un equipo compacto, transportable y fácil instalable que permita cubrir las necesidades en forma de calefacción y agua caliente sanitaria; complementada con paneles fotovoltaicos y almacenamiento por baterías, además del consumo sobreabundante generado por la propia instalación o incluso del vehículo eléctrico.

12.4. Los proyectos energéticos más innovadores presentados en IFEMA 2020

- LIFE METHAMORPHOSIS:

Recuperación de los residuos urbanos a agua regenerada y biometano para el transporte (Barcelona); reciclando basura, transformando, refinando y comprimiendo los gases extraídos de la descomposición para por último ser usado por vehículos que funcionen con gas.

- SIXPERIENCE:

Sistema inteligente para la formación de operarios acerca del funcionamiento del campo fotovoltaico a través de simulaciones y realidad virtual; el operario podrá tanto caminar por el parque fotovoltaico, ver de cerca los elementos y su estado, además, de ver información sobre su diseño.

- E- Ing3ni@:

Sistema de compra y venta de energía para facilitar las transacciones, tanto para particulares generadores de energía como grandes centrales; eligiendo el tipo de energía que quiere consumir, fijando precios con transparencia para todo el año. Además, fomentando las centrales de generación más eficientes con menos emisiones CO₂, impulsando las 3Ds, (Descarbonización, Democratización y Digitalización).

- Proyecto EVA:

Una gestión inteligente desarrollado para la recarga del vehículo eléctrico de uso doméstico que optimiza el proceso de recarga; además, de tener la opción bidireccional o carga inversa, es decir, tanto podrá cargar su vehículo como alimentar su vivienda con la energía procedente de su vehículo, con la posibilidad de enviarla a la red.

- 2G Solutions cogeneración 100% con hidrogeno:

Proyecto que presenta la tecnología de cogeneración funcionando al 100% con hidrogeno a nivel global, con gran eficiencia y energía limpia tanto eléctrica como térmica; emitiendo cero emisiones contaminantes

- Gosafe With ESI:

El proyecto H2020 Energy Savings Insurance (ESI), se crea con el plan de aumentar las inversiones en proyectos energéticos de gran eficiencia para sectores privados. Una solución que garantiza obtener ahorros en el proyecto, minimizando el riesgo principal de la inversión en eficiencia energética.

- REACT2:

Combo de inversor híbrido más almacenamiento modular de energía, principalmente para usos residenciales, optimizando su gestión de carga y adaptando los incrementos de demanda energética con módulos de almacenamiento cuando sea necesario. La tecnología de comunicación interactúa con sistemas domóticos y vehículo eléctrico, creando una red inteligente entre viviendas y vehículos eléctricos. [43]

12.5. Proyectos fotovoltaicos de gran envergadura en España

España cuenta con una gran ventaja frente a otros países de la Unión Europea, ya que cuenta con mayor irradiación anual; lo que hace que la energía fotovoltaica sea una de las energías más rentables.

Desde 1984 de la primera instalación fotovoltaica con conexión a red en España, con una potencia pico de 100 kW en San Agustín de Guadalix; cada año han ido en aumento, mayormente en estos 10 últimos años, y se prevé que ahora sea el momento de mayor construcción de infraestructuras fotovoltaicas haya.

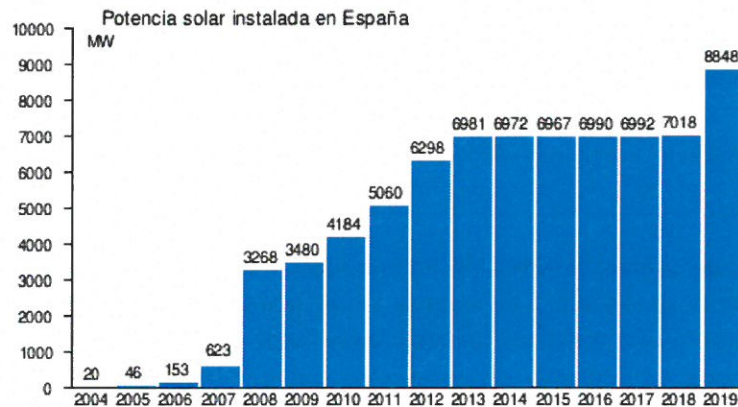


Figura 39. Potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: REE.

Mas de 34 parques fotovoltaicos con una potencia instalada de más de 10 MW:

- Núñez de Balboa (Badajoz) → 500 MW finalizada el 6 de abril de 2020
- Central Solar Fv Mula (Murcia) → 494 MW desde julio de 2019
- Planta FV Don Rodrigo (Sevilla) → 182 MW, septiembre de 2019
- Parque Fv Picón I, Picón II y Picón III (Ciudad Real) → 150 MW, sept. 2019
- Solar Park (Santiz, valdelosa, Palacios del Arzobispo) → 110 MW, dic. 2019
- Parque Fv Puertollano (Ciudad Real) → 70 MW, noviembre de 2009
- Parque Fv Olmedilla de Alarcón (Cuenca) → 60 MW, desde sept. 2008
- Planta Solar Fv La Magascona y la Magasquilla (Cáceres) → 34,5 MW, 2008
- Planta Solar Arnedo (La Rioja) → 30 MW, finalizada en octubre de 2008
- Planta Solar Osa de la Vega (Cuenca) → 30 MW, finalizada desde 2008
- Parque Solar SPEX Mérida/Don Álvaro (Badajoz) → 30 MW, sept. 2008
- Parque Fv Casas de los Pinos (Cuenca) → 28 MW, finalizada en 2008
- Planta Solar Fuente Álamo (Murcia) → 26 MW, desde agosto de 2008
- Planta Fv de Lucainena de las Torres (Almería) → 23,2 MW, agosto 2008
- Parque Fv Abertura Solar (Cáceres) → 23,1 MW, finalizada en 2008
- Parque Solar Hola de los Vincentes, Jumilla (Murcia) → 23 MW, enero 2008

- Huerta Solar Almaraz (Cáceres) → 22,1 MW, desde septiembre de 2008

Estos son los parques fotovoltaicos españoles con potencias superiores a los 20 MW más recientes; y más 45 centrales termo solares con potencias de 50 MW, con la que suman además 2.300 MW con esta energía.

Cabe destacar una de las mayores infraestructuras y más innovadoras de la actualidad; Acciona instala en Extremadura la primera planta solar flotante conectada a la red.

El proyecto con 1,125 MWp con diversos fines, además de su generación eléctrica como:

- Seguirá la evolución de diferentes configuraciones y tecnologías de módulos solares y estructuras flotantes.
- Tendrá una superficie de 12.000 m², ocupando un 0,07% del embalse de Sierra Brava (Cáceres)
- Los datos obtenidos por estas instalaciones servirán de base para un gran desarrollo en el resto de países.
- El mercado que empieza a crecer, que se acogerá a la facilidad de instalación y mayores rendimientos como grandes ventajas de estos parques flotantes.

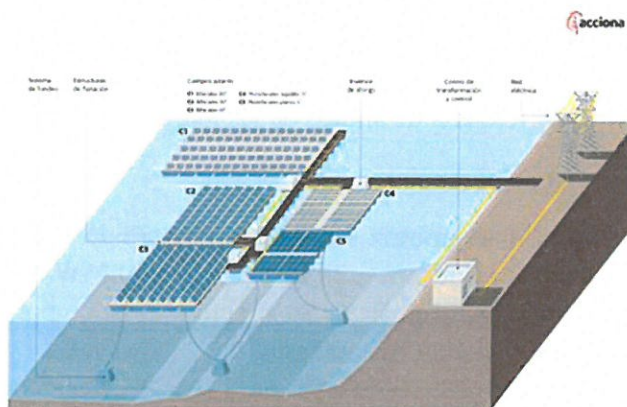


Figura 40. Diseño de Planta fotovoltaica flotante. Fuente: Acciona

La planta flotante de Sierra Brava constará de cinco plataformas flotantes ancladas al fondo y con una plataforma hasta la orilla; 600 módulos por plataforma flotante que hacen la suma de 3000 paneles solares con una potencia estimada de 1,1 MW; conectados a tres inversores de 60 kW en cada plataforma que convertirá la corriente continua en alterna, conectados a su vez a un pequeño centro de transformación elevando la tensión de 400V a 22kV; conducida por una línea subterránea de más de un kilómetro hasta el punto donde se conectará a la red eléctrica. [42]

12.6 Los Proyectos más importantes e innovadores del Mundo

Diferentes formas de generar energía eléctrica mediante fuentes de recursos naturales; generación osmótica, diferentes energías solares, mareomotrices, aerogeneradores, biomasa o hasta geotérmica; existen centrales de gran envergadura a nivel mundial que además de generar grandes cantidades de energía, evitan miles de millones de toneladas de emisiones a la atmósfera. [44]

- Tofte, Noruega:

Statkraft, compañía pionera en aplicaciones de energía osmótica; haciendo pasar el agua dulce de un río y el agua salada del mar a través de su proceso natural de ósmosis en cámaras separadas por una pared delgada, consiguen girar una turbina con la presión que genera las cascadas en el proceso. Statkraft afirma que este tipo de energía tiene un potencial mundial de 1600 a 1700 TWh, equivalente al consumo eléctrico total de china.

- Andasol, Andalucía, España:

Gracias a su situación de 1100 m.s.n.m. con una atmósfera más clara, y sus 600.000 espejos parabólicos conectados; forman una de las mayores centrales mundiales de energía solar, llegando casi a los 500 MGh.

Entre las tres centrales de Andasol 1, 2 y 3; una superficie de 500.000 m² de ocupación; y, sus enormes depósitos de sales fundidas, hacen que de esta central disponga de altas acumulaciones de energía para satisfacer la demanda en horas nocturnas.

- Sihwa Lake, Corea del sur:

La mayor planta mareomotriz desde 2011 en el mundo, situada en el lago Sihwa, aprovechando un gran dique construido en 1994 para disipar las inundaciones. Diez turbinas bajo el agua son las responsables de generar la energía aprovechando la diferencia de alturas de las mareas.

- Rance Tidal, Bretaña, Francia:

La primera planta mareomotriz del mundo durante 45 años desde 1966 que se construyó. Situado en río Rance, 24 turbinas de 240 MW tienen una producción al año de casi 600GWh; además, de su atractivo turístico por su envergadura que atrae a unos 200.000 visitantes anuales.

- Solnova, Sanlúcar la Mayor, España:

Situada la número 9 de las mayores centrales termosolares a nivel mundial; consta de 5 unidades de 50 MW cada una, sumando una potencia total de 250 MW, utilizando colectores cilindro-parabólicos para la generación.

- Solaben, Extremadura, España:

Situada en este caso en el número 6 a nivel mundial, generando 200 MW.

- SEGS, California, Estados Unidos:

Si hablamos de plantas generadoras de energía solar en el mundo, SEGS (Sistemas de Generación de Energía Solar), ocupa el primer puesto. Consta de nueve plantas en el desierto de Mojave en California con capacidad de producción de 354 MW, distribuyendo energía a más de 230.000 hogares.

- Walney, Cumbria, Reino Unido:

La energía eólica es una de las fuentes más demandadas para la producción de energía eléctrica, pero si además está situada dentro del mar, Walney se sitúa en

la mayor instalación de generación en el mundo, con sus 102 turbinas a lo largo y ancho de los 72 km² de la costa de Cumbria; con potencia máxima de 367,2 MW.

- DONG Energy:

Uno de los inversores participantes para Walney que además de participar en ese gran proyecto, también está en un proyecto mayor, llegando a los 1.000 MW cuando esté terminado.

- Ironbridge, Reino Unido:

La mayor central de generación mediante pellets, con una potencia de 740 MW. Esta central fue reconstruida en 2013, ya que sus instalaciones eran de generación mediante un sistema térmico con base de carbón.

- Roscoe, Texas, Estados Unidos:

El parque eólico más grande del estado de Texas, con una potencia de 781 MW, constituido con más de 600 aerogeneradores que se encargan de suministrar energía a más de 250.000 viviendas.

- Los Géiseres, California, Estados Unidos:

Complejo que consta de 22 centrales de energía geotérmica, aprovechando los vapores de agua provenientes de los 350 pozos. Con una capacidad instalada de 1.517 MW activos, ocupando más de 120 kilómetros al norte de San Francisco abasteciendo a más de 1,1 millones de personas. Esta técnica se está desarrollando cada día más, por lo que se prevé que se aumente la producción.

DISEÑO DE VIVIENDA AISLADA CON POSIBILIDAD DE CONEXIÓN A RED

13. Diseño de vivienda de autoconsumo con almacenamiento de energía y conexión a red

13.1. Objetivos de diseño y viabilidad

El objetivo del presente diseño es presentar la viabilidad técnica de la implementación de una instalación fotovoltaica en la vivienda del cliente; situándose la parcela fuera del núcleo urbano y careciendo de suministro eléctrico de compañías distribuidoras, la solución más aceptable es la implantación de módulos fotovoltaicos para su autoabastecimiento y posible conexionado a red futura.

La instalación propuesta reunirá las más altas exigencias de calidad, será segura, cumplirá con el marco normativo vigente y permitirá a nuestro cliente un alto porcentaje de autoconsumo y rendimiento.

En el diseño incluye los trabajos de montaje, legalización, puesta en marcha y tramitación de las ayudas disponibles en el momento de la realización de la instalación.

13.2. Emplazamiento de la vivienda aislada



Figura 41. Emplazamiento de la parcela a diseñar. Elaboración Propia.



Figura 42. Emplazamiento parcela a diseñar. Elaboración propia

13.3. Previsión de potencia

Previsión de elementos consumidores de energía en su máxima potencia:

- Motor depuradora: 1.200 W
- Alumbrado Zona Casetas/Huerto - Bombillas 60 W Aprox. X12 = 720 W
- Alumbrado vivienda x5 de 60 W = 300 W
- Alumbrado Baño y cochera 2x60 W = 120 W
- Alumbrado calle 60x4 = 240 W
- Frigorífico 350 W
- Microondas 1.500 W
- Horno 2.200 W
- Vitrocerámica 2.200 W
- Televisor 400 W
- Aire acondicionado: 1.300 W

TOTAL = 11.600 W

- Grupo electrógeno a 50m aproximados de distancia y una potencia de 5.000 W
- Instalación Fotovoltaica de 5.460 W con almacenamiento de 6,2 kW.

13.4. Solución Técnica

La solución técnica que en este apartado se presenta, se ha desarrollado bajo tres criterios principales; calidad, seguridad y flexibilidad.

Los elementos seleccionados garantizarán las condiciones de funcionamiento requeridas y a su vez, permitirán que nuestro cliente pueda ampliarlas en un futuro.

Aunque este sistema modular está diseñado para poder trabajar aislado de red, dispone de una entrada de potencia en alterna para la conexión a la red (futuro contador de la vivienda) o incluso las conexiones de un grupo generador para asegurar la disponibilidad de energía en caso de condiciones temporales adversas continuadas.

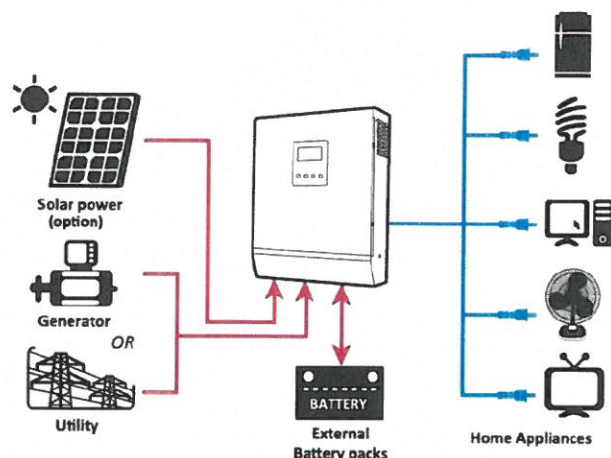


Figura 43. Ilustración de conexionado de elementos en la instalación. Fuente Manual Huawei.

Los materiales seleccionados están sujetos a disponibilidad en el momento de la realización de las instalaciones, pudiendo ser sustituidos por materiales de similares características técnicas y prestaciones.

El tipo de instalación que se propone es de autoconsumo con compensación de excedentes, lo que permitirá a nuestro cliente vender el excedente de producción cuando no se esté consumiendo, (en el futuro conexionado a red).

Diseñada de acuerdo con el nuevo RD 244/2019, se agilizará la legalización de las instalaciones, permitiendo una puesta en marcha más rápida.

13.5. Panel Solar

El panel solar seleccionado, es un elemento de alta eficiencia y amplia garantía con células monocristalino. Los paneles han sido puestos a prueba en proyectos anteriores y se ha confirmado su excelente comportamiento. El módulo dispone de todas las certificaciones necesarias. Modelos JA SOLAR, RISEN.



Fabricante JA Solar

390 W

72 células (2mx1m)

Eficiencia ~20%

Coeficiente potencia = $-0.38\%/^{\circ}\text{C}$

Garantía de producto 12 años y garantía 25 años en la potencia asegurada del 80%.

Figura 44. Módulos FV a instalar, fuente: características JA Solar JAM72S10 390-410/MR

Cálculos de Inclinación del módulo fotovoltaico

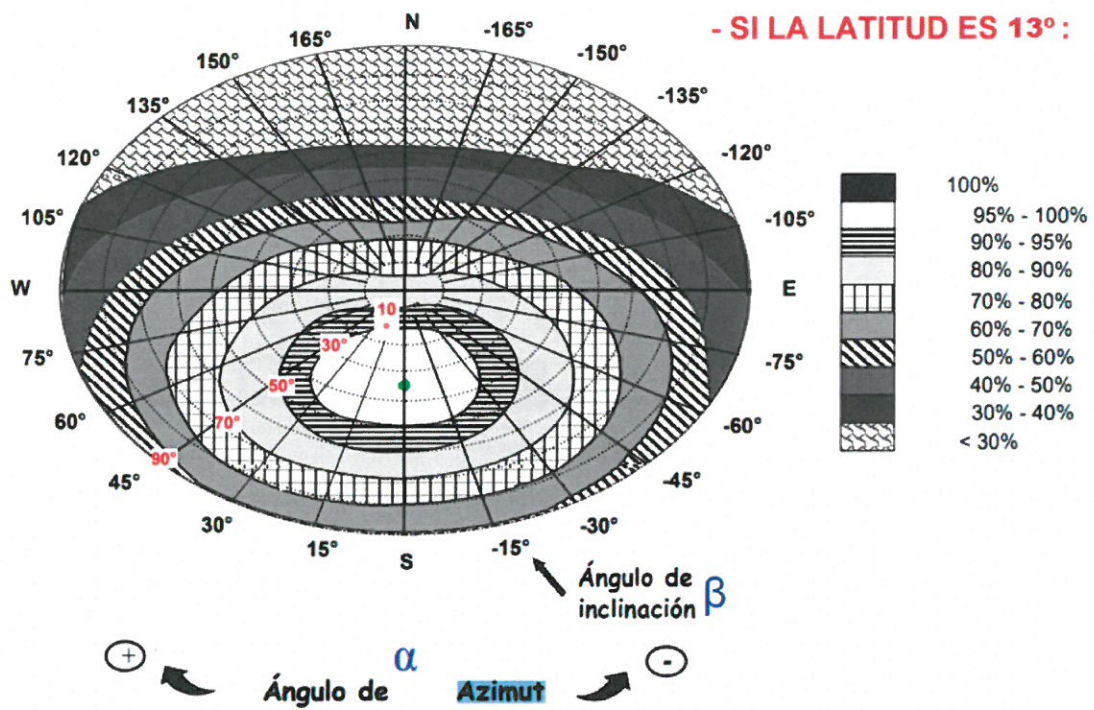


Figura 45. Diagrama eficiencia respecto al ángulo de acimut. [45]

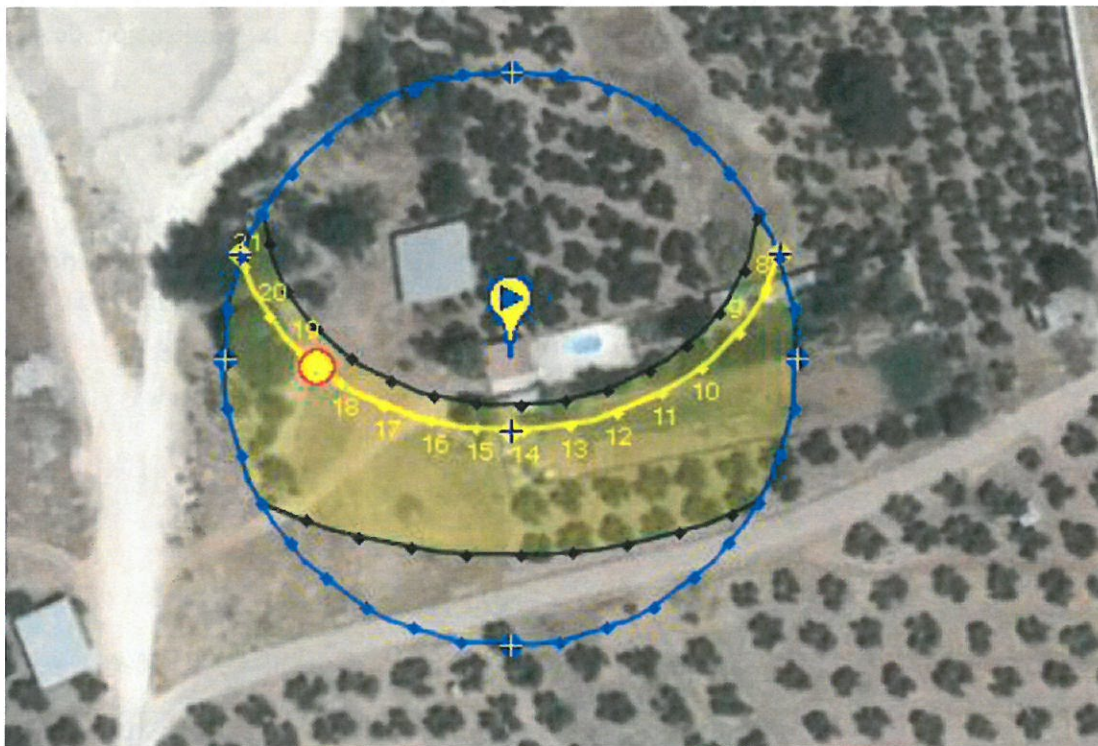


Figura 46. Posición del sol en el emplazamiento de la instalación, Sacado en agosto.[46]

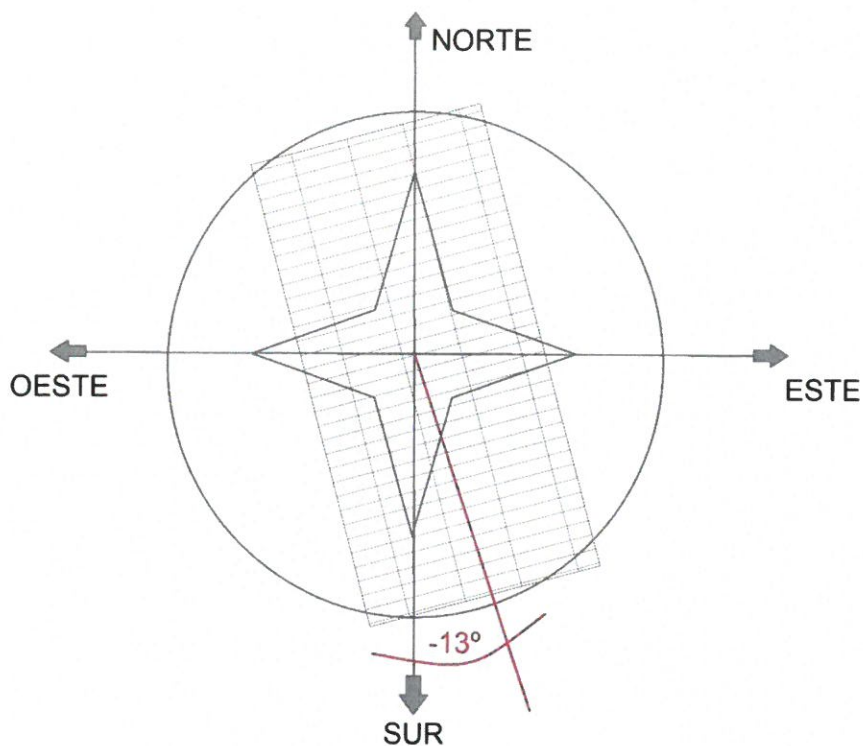
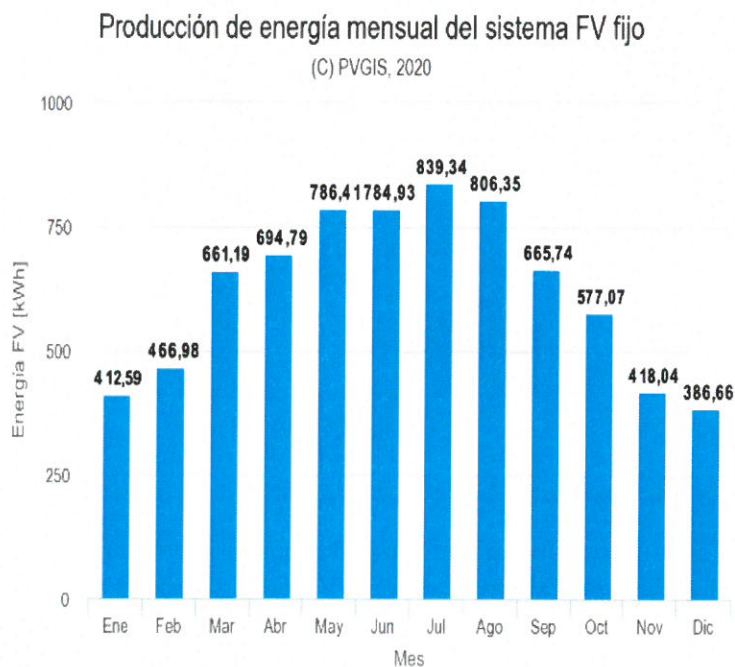


Figura 47. Ángulo de acimut de los módulos fotovoltaicos. Elaboración Propia.

Calculo estimado de producción con conexión a red



Datos proporcionados:

Localización [Lat/Lon]:	38.330, -2.892
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-COSMO
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalada [kWp]:	5
Pérdidas sistema [%]:	10

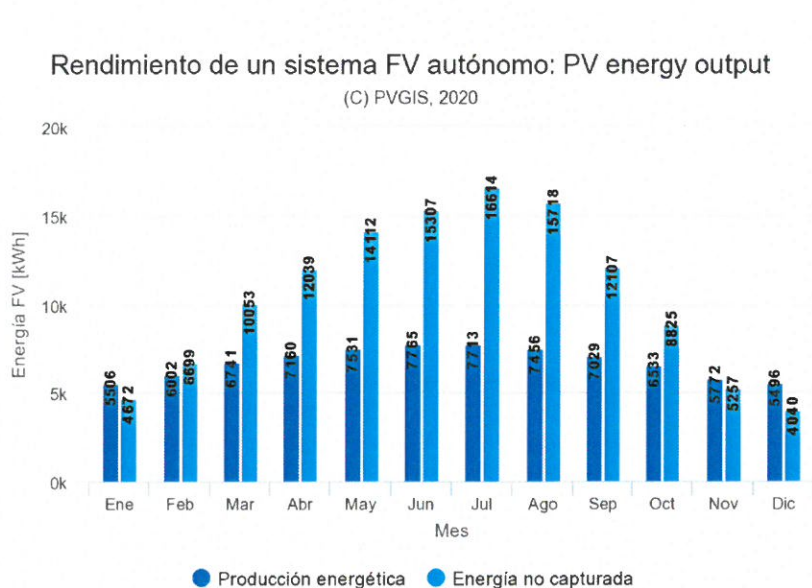
Resultados de la simulación:

Ángulo de inclinación [°]:	32 (opt)
Ángulo de azimut [°]:	-2 (opt)
Producción anual FV [kWh]:	7500.09
Irradiación anual [kWh/m²]:	1853.32
Variación interanual [kWh]:	333.58
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia [%]:	-2.55
Efectos espectrales [%]:	0.44
Temperatura y baja irradiancia [%]:	-8.12
Pérdidas totales [%]:	-19.06

módulos fotovoltaicos. [47]

Tabla 6. Resultados de la simulación de instalación FV. [47]

Cálculo estimado de producción vivienda aislada



Datos proporcionados:

Localización [Lat/Lon]:	38.331, -2.892
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-COSMO
FV instalada [Wp]:	5000
Capacidad de la batería [Wh]:	3550
Limitador de descarga [%]:	10
Consumo diario [Wh]:	11600
Ángulo de inclinación [°]:	30
Ángulo de azimut [°]:	-13

Resultados de la simulación:

Porcentaje días batería cargada [%]:	89.07
Porcentaje días batería descargada [%]:	100
Energía media no capturada [Wh]:	11758.62
Energía media que falta [Wh]:	4870.75

Figura 49. Rendimiento mensual de los módulos fotovoltaicos. [47]

Tabla 7. Resultados de la simulación de instalación FV. [47]

13.6. Inversor

El corazón de la instalación es un inversor innovador de Huawei con todas las protecciones integradas (sobretensiones y sobreintensidades) para garantizar el correcto funcionamiento y la seguridad de la instalación.

- 5000 W de potencia
- 2 canales de entrada de MPPT Independientes
- Compatible con Baterías
- Garantía de 10 años



Figura 50. Inversor Huawei, fuente: características Huawei SUN2000 5KTL

El inversor permite ser monitorizado a través de su app o plataforma web Fusión Home-NetEco 1000S. Podremos ver producción, consumo, alarmas, curva I-V de los paneles, etc.

13.7. Estructura

- Sistema Integrado CS-DIRECT

Versión económica, práctica y de fácil instalación. Utiliza un perfil menos pesado que se acopla directamente sobre la chapa trapezoidal de la cubierta de la vivienda, fijándola mediante un sistema de conexión de aluminio con doble impermeabilidad mediante butilo y tornillo auto taladrante de acero inoxidable con junta de EPDM.

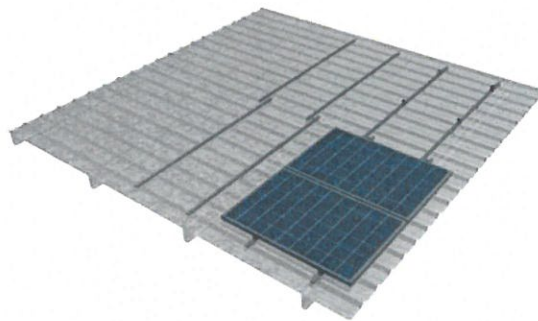


Figura 51. Modelo de estructura integrado CS-DIRECT. Fuente: C. SOLAR

13.8. Baterías

Este modelo está diseñado para sistemas doméstico e industriales dado su concepción para alcanzar grandes reservas de energía, pero eso no quita que sea una gran solución para el hogar.

El modelo de batería de litio es especialmente adecuado para:

- Con espacio de instalación limitado
 - Capacidad de carga limitada
 - Proyectos que necesitan una reserva de energía de larga vida útil.
- Modelo LG CHEM RESU 6,5
 - Fosfato de Ion-Litio
 - Capacidad 6,5kWh con profundidad de descarga del 90% para >6000 ciclos.
 - Ampliación hasta 12 módulos en paralelo
 - Peso del módulo: 52kg
 - Garantía de 10 años.

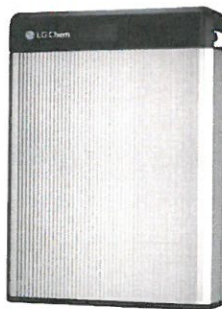


Figura 52. Batería de Ion-Litio Fosfato. Fuente: Auto Solar.

13.9. Rentabilidad

13.9.1. Datos de entrada para el cálculo:

- Paneles 14x390W de eficiencia 20% y mejores prestaciones ante alta temperatura ambiente estival (-0.38%/°C y un NOTC de 41°C)
- Pérdidas globales de sistema del 10% (Temperatura en módulos, cableado, inversores).
- Precios de luz:
 - 14cE/kWh hora punta para tarifa PVPC con discriminación horaria. Toda la energía producida atacada sobre este término de la parte variable de la posible factura. A esto añadimos los impuestos del IVA (+21%) y de la electricidad (~5%).
 - Compensación simplificada de excedentes es al valor de 5.6cE/kWh + el IVA y el impuesto a la electricidad que se ahorra
 - IPC del 2.5% para el precio de la luz

Se recomienda desplazar consumos a la hora de mayor radiación solar para aumentar la simultaneidad (Consumo y producción) haciéndose más eficiente. El ahorro calculado está basado en el patrón de consumo típico 40% consumo durante horas de sol. El restante se inyectará a red para la compensación de los excedentes.

- Reducción de potencia contratada en 1kW, 55€/anuales con tarifa PVPC

NOTA: Cálculos de precios de luz en el caso de conexión a red, y venta de excedentes; para vivienda de autoconsumo aislada se desprecia este apartado.

13.10. Cálculos Eléctricos

Cálculo de sección en circuito distribución de huerto

➤ Criterio térmico:

- Datos
 - Potencia estimada 5000 W
 - **Método instalación:** A1 (Bajo tubo enterrado)

$$I = \frac{P}{U} = \frac{5000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 22 \text{ A} \rightarrow 4 \text{ mm}^2$$

- **Resultado:** Cable 0,6/1kV XLPE 4 mm² Unipolar Según "GUIA-BT-19" (I_{max} = 27A)

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot S} = \frac{2 \cdot 5000 \text{ W} \cdot 60 \text{ m}}{48 \cdot 230 \cdot 4 \text{ mm}^2} = 13,58 \text{ V}$$

No es valido ya que es mayor a la permitida en distribución

➤ Caída de tensión en voltios:

- Permitida por "GUIA-BT-19" en distribución, e=1,5% → 3,45 v
- Conductividad del conductor 48 (Utilizamos cable PVC y llegamos a 70°C en condiciones régimen permanente)

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot U^2 \cdot e(\%)} = \frac{2 \cdot 5000 \text{ W} \cdot 60 \text{ m} \cdot 100}{48 \cdot 230^2 \cdot 1,5\%} = 15,75 \text{ mm}^2 \approx 16 \text{ mm}^2$$

$$e = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot U \cdot S} = \frac{2 \cdot 5000 \text{ W} \cdot 60 \text{ m}}{48 \cdot 230 \cdot 16 \text{ mm}^2} = 3,39 \text{ V}$$

- **Resultado:** Cable 0,6/1kV PVC 16 mm² Unipolar Según "GUIA-BT-19" (I_{max} = 66 A)

Puesta a tierra en vivienda

Pica vertical

$$R = \frac{\rho}{L} = \frac{55}{2} = 27,5 \Omega$$

$$S = \frac{\sqrt{I^2 \cdot t}}{k} = \frac{\sqrt{15000^2 \cdot 0,01}}{143} = 10,48 \text{ mm}^2 \approx 6 \text{ mm}^2$$

- **Resultado:** Pica de barra diámetro 14,2 mm² (acero-cobre 250 μ)
Según "Guia-bt-18" en instalaciones de puesta a tierra, se considera que si la sección de la instalación es menor a 16 mm² se puede poner la sección de conductor de protección de la misma sección superior más próxima. Es decir 6 mm²

Siendo:

P potencia activa prevista para la línea, en vatios.

L longitud de la línea en m.

e caída de tensión admisible en voltios.

γ Conductividad del conductor (Cu 56 y Al 35)

t duración del cortocircuito en segundos

S sección del conductor en mm²

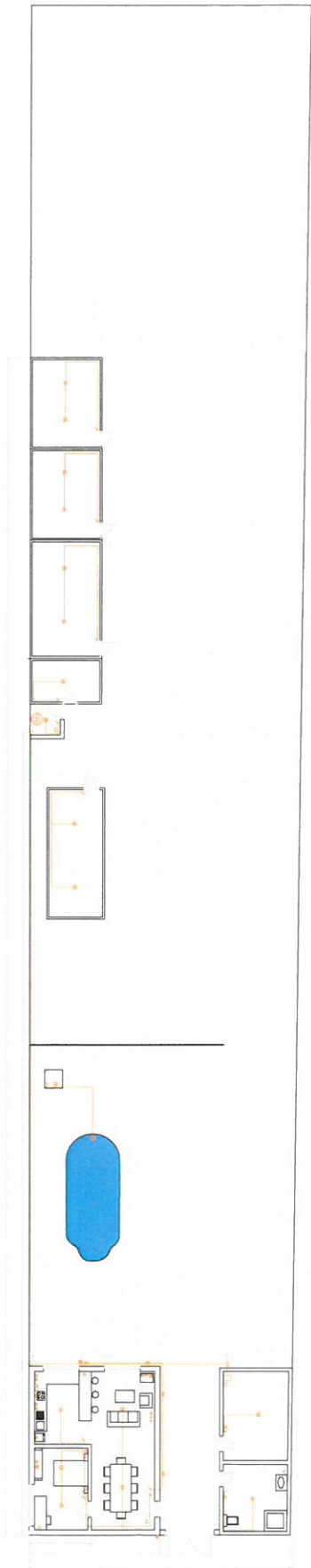
I corriente de defecto en A, que puede atravesar el dispositivo de protección para un defecto

k Constante que toma los valores dependiendo del tipo de conductor y temperatura

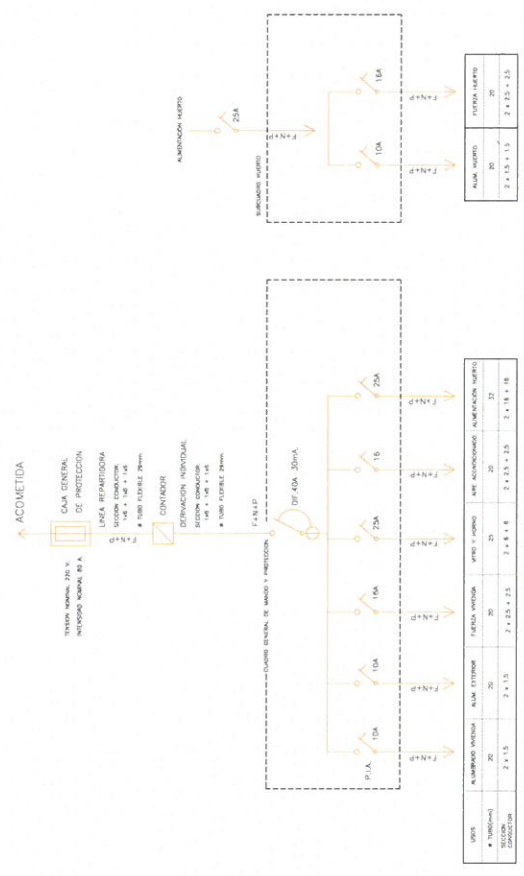
ρ Resistencia del terreno

R = Resistencia de la línea en Ω

ESQUEMAS Y PLANOS



- LEYENDA:**
- CUADRO GENERAL DE MANDO Y PROTECCION
 - PUNTO DE LUZ
 - APARQUE EN PARED
 - PUNTO DE LUZ ESTINGO
 - BASE ENCABITE 10/15A
 - BASE ENCABITE 25A
 - BASE ENCABITE 25A ESTINGO
 - INTERRUPTOR
 - COMUTADOR
 - TOCA TV-JW
 - TOCA DE TELÉFONO
 - EXTRACTOR CON INTERRUPTOR
 - EQUIPOS FOTOLUJAS INTERIOR Y EXTERIOR
 - GRUPO ELECTROGENO

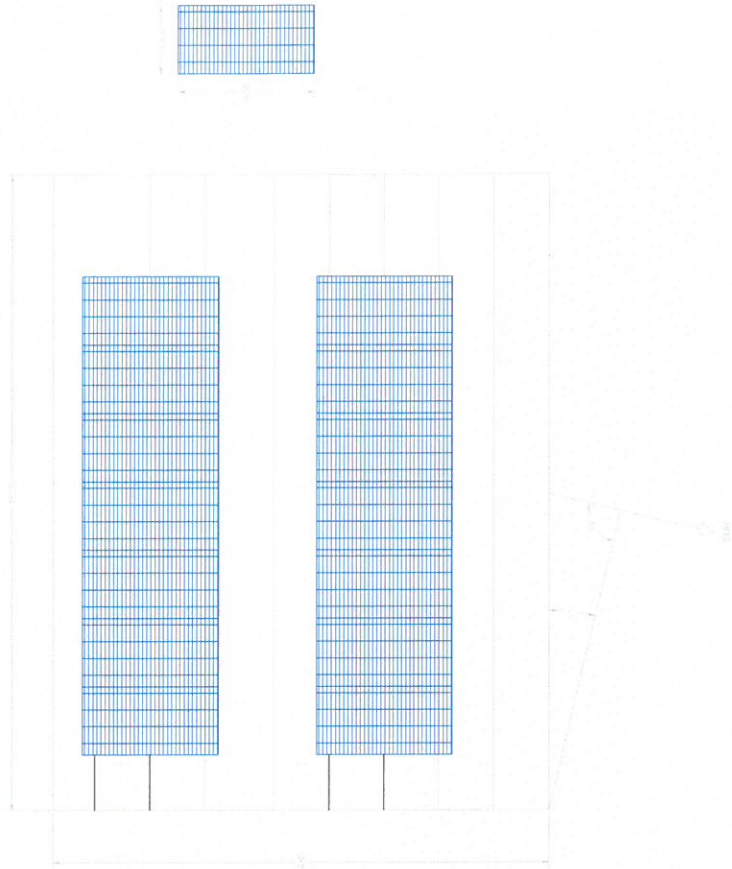
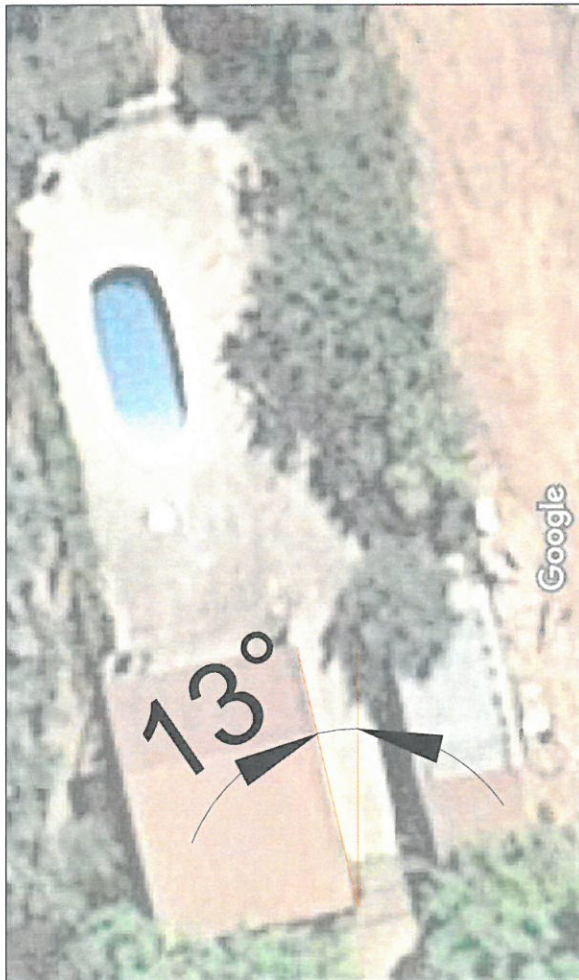


VIVIENDA UNIFAMILIAR AUTOSUFICIENTE Y CONEX. RED
PRIMERA - "Estación Prima"

PROYECTISTA: **1**

AUTORE: **ALBA SUZUKI, JESSICA DIAZ**

PROYECTO: **PROYECTO DE VIVIENDA UNIFAMILIAR**



VIVIENDA UNIFAMILIAR AUTOSUFICIENTE Y CONEX. RED	
PROYECTO "Autosuficiente Pina"	
PROYECTO	N.º PISO: 3
AUTOR	DR. JAVIER BARRA, P.E.
FECHA	2014-11-10
VIVIENDA UNIFAMILIAR AUTOSUFICIENTE Y CONEX. RED	
FECHA	2014-11-10
ESCALA	



Conexión Carlo Gavazzi

Fig.1

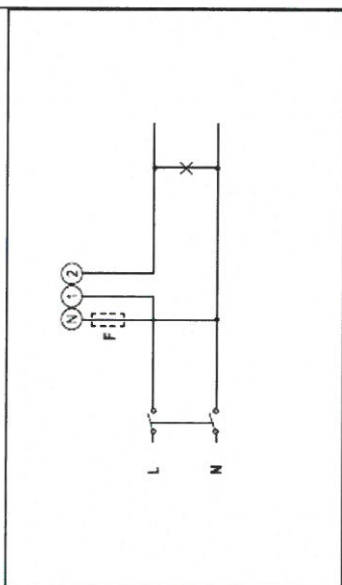


Fig.2

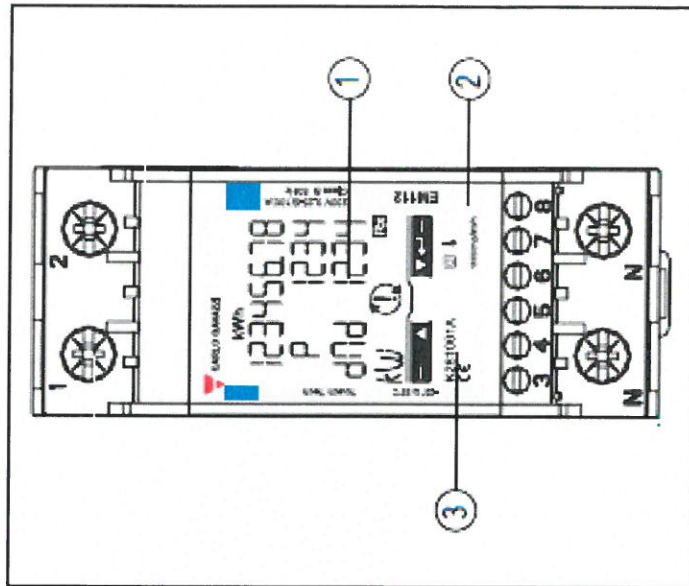
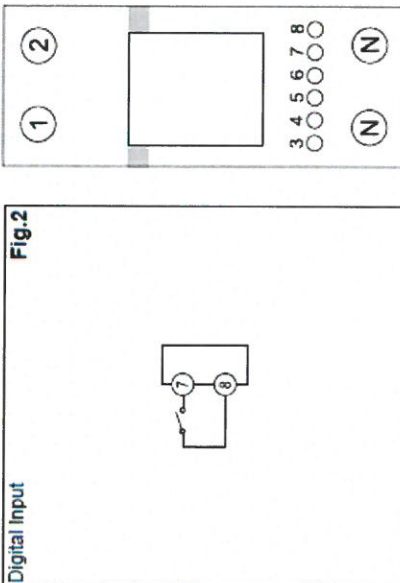


Fig.3

Monofásico, 2 hilos

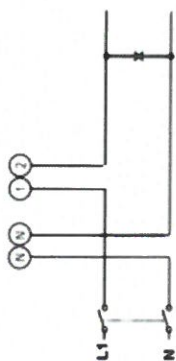
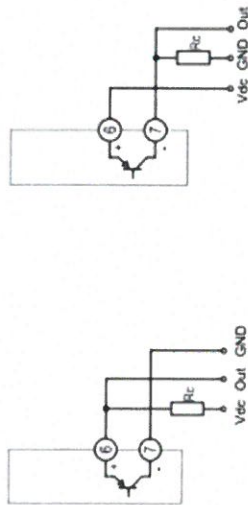


Fig.4

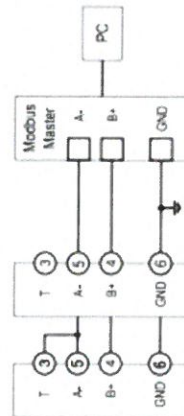
Salidas en colector abierto



La resistencia de carga (R_c) se tiene que elegir de modo que la intensidad con el contacto cerrado sea menor que 100 mA (V_{cc} igual a 1 V cc). La tensión CC (V_{cc}) tiene que ser menor o igual a 80 V.

Fig.5

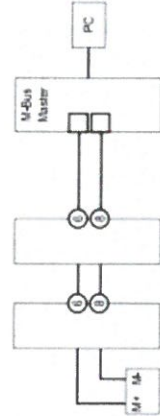
Puerto RS485 Modbus



Otros instrumentos con RS485 están conectados en serie. La salida serie se tiene que finalizar en los bornes del último dispositivo de red conectado A- y T. Si las conexiones tienen una longitud mayor que 1000 m use un repetidor de señales. 247 transceptores como máximo en el mismo bus.

Fig.6

Puerto M-Bus



PRESUPUESTO



INGENIERÍA MASRED C.B.
info@ingenieriamasred.com
+34 654 576 180
Calle Riu Segre 29-30, Valencia
CIF E40519340

Proyecto:**Presupuesto** 2020.08_rev.-.-**Fecha de emisión:** 30/08/2020**Términos:** 20% confirmar
70% pedido material
10% fin instalación**A la atención de:**

Instalación Fotovoltaica 5kW Parcela Bullón Piña

Descripción	Cant.	Coste	Importe
<u>Instalación fotovoltaica (IF) de</u> 5460 Wp			
Panel solar monocristalino P(W) 390	14	210,00 €	2.940,00 €
Estructura vertical aluminio (por unidad de paneles)	14	71,50 €	1.001,00 €
Cableado	120	1,20 €	144,00 €
Conectores y accesorios	1	240,00 €	240,00 €
<u>Inversor fotovoltaico</u>			
Inversor Huawei SUN2000L-5KTL	1	2.041,60 €	2.041,60 €
<u>Acumulación</u>			
Batería Litio LG Chem Resu 6.5 - (5,9kWh) + Anclajes	1	4.474,00 €	4.474,00 €
<u>Gestión y varios</u>			
Montaje instalación	1	2.784,00 €	2.784,00 €
Ingeniería(Planos)+Certificado instalación+puesta en marcha	1	800,00 €	800,00 €
Gastos de envío	1	618,75 €	618,75 €
Base imponible			15.043,35 €
IVA 21%			3.159,10 €
TOTAL			18.202,45 €

Nota:

Para completar con la nueva solución de aislada, hacen falta los siguientes equipos que se incluyen dentro la oferta actual.:

- Vatímetro Carlo Gavazzi

PRESUPUESTO



INGENIERÍA MASRED C.B.
info@ingenieriamasred.com
+34 666 059 277
Calle Riu Segre 29-30, Valencia
CIF E40519340

Proyecto: 0
Presupuesto 2020.08_rev.-
Fecha de emisión: 30/08/2020
Términos: 20% confirmar
70% pedido material
10% fin instalación

Notas

- Montaje instalación considera el cuadro general y el inversor están cercanos (10m aprox.).
- En función de la disponibilidad en el mercado la potencia de los paneles puede variar +-50W
- No se incluyen trabajos de albañilería.
- Presupuesto será confirmado tras visita de instalador eléctrico.
- Impuestos y licencias serán solicitados por el cliente. Se estima en un 4% y puede ser bonificable dependiendo del ayuntamiento.
- Una vez realizada la instalación, todos los componentes seguirán perteneciendo a Ingeniería MASRED C.B. hasta finalización de los pagos por parte del cliente.
- Condiciones generales de venta están en la página web. www.ingenieriamasred.com

Garantía

Las garantías de los materiales, piezas o componentes utilizados serán proporcionadas por los proveedores/fabricantes de los componentes.

A la finalización de la obra, Ingeniería MASRED entregará al cliente las condiciones de garantía y las coberturas finales para su contacto y gestión.

Para referencia del presupuesto, Ingeniería MASRED considera las siguientes garantías mínimas.

- Paneles monocristalinos alta eficiencia, 12 años. Y 25 años de garantía potencia asegurada del 80%.
- Inversor, 10 años.
- Baterías, 10 años
- La instalación tiene una garantía de dos años, proporcionada por la empresa instaladora, en la mano de obra empleada para su correcta puesta en funcionamiento, a partir de la fecha de puesta en marcha.

Validez del presupuesto

30 días desde la fecha de emisión.

CONCLUSIONES

Conclusiones

Este Trabajo cumple con lo establecido por tutores y profesores de la Escuela Politécnica Superior de Linares, siendo acorde con la propuesta de TFG enviada a la comisión. Con lo que se ha profundizado en lo presentado y extendido en lo relativo a fuentes renovables y emisiones de efecto invernadero.

Tras haber investigado y buscado información sobre el estado actual de la generación energética estatal y global desde sus comienzos y estar al tanto de su desarrollo en los últimos años, he acabo profundizado en la generación distribuida y en el futuro de las redes inteligentes; gobernadas principalmente por fuentes de recursos renovables y su baja emisión de contaminantes y calentamiento global.

La innovación persigue un cambio a nivel radical, mientras que las mejoras tecnológicas quieran perseguir los mismos patrones, hay que decir que no alcanzan la misma optimización del objetivo, además de ir más lentos. Lo más importante al fin y al cabo es seguir una mejora continua y creciente, cumpliendo lo propuesto dentro del plazo establecido, como es el caso del protocolo de Kioto; a pesar de haberlo alcanzado un año más tarde, pero ha sido alcanzado.

Ahora, la próxima meta está en alcanzar el 74% del mix energético renovable antes del 2030, y por ello la profundización en este proyecto para conocer el gran potencial que tiene España en energía eólica y solar; y por ello, seguidamente, he adoptado la decisión de realizar el diseño de una vivienda unifamiliar totalmente aislada de la red, pero con posibilidad de su conexonado, ya que su ubicación se encuentra alejado del casco urbano.

El diseño de la vivienda consta desde su planificación eléctrica realizado con AutoCAD, hasta el cálculo y soluciones técnicas de una instalación fotovoltaica; apoyándonos con programas de cálculo de acimut y orientaciones al sol, con el cálculo de pérdidas y optimización para ser una instalación lo más eficiente posible.

Por último, comentar que este proyecto ha servido de base de ayuda para fortalecer los conocimientos sobre el futuro de la energía limpia y el aprovechamiento de los recursos naturales como principal fuente de generación en España, y al alcance de cualquier persona para generar su propia energía y apoyándose con las ya existentes.

BIBLIOGRAFÍA Y WEBGRAFÍA

Bibliografía

[1] Guirado, R., Asensi, R., Jurado, F. & Carpio, J. (2006). Antecedentes Históricos de la tecnología Eléctrica. En Tecnología Eléctrica (pp.1-2). Madrid: McGraw Hill.

[7] Rodríguez, Juan M. (2019). España en Cifras. Madrid: Instituto Nacional de Estadística.

Web grafía

[2] Marcos, José M. (2002). Historia y panorama actual del Sistema Eléctrico Español. 2002, de Revista del Colegio Oficial de Físicos. Sitio web:

http://cofis.es/pdf/fys/fys13/fys13_10-17.pdf

[3] Red Eléctrica de España. Recuperado de: <https://www.ree.es/>

[4] Red Eléctrica Internacional. Recuperado de: <https://www.rei.pe/es>

[5] Grupo Red Eléctrica. (2019). Plan Estratégico 2018-2022, de Red Eléctrica de España Sitio web:

https://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/folleto_presentacion_2019_1.pdf

[6] BP Statistical Review of World and Spanish Energy 2019, de BP Sitio web:

https://www.bp.com/content/dam/bp/country-sites/es_es/spain/home/pdfs/noticias/2019/infografia_sr_bp19.pdf

[8] Monthly Electricity Statistics 2019, IEA. International Energy Agency. Sitio web:

<https://iea.blob.core.windows.net/assets/e3c49d69-d2d7-4508-9e21-del38423f185/mes.pdf>

[9] BP Statistical Review of World Energy 2019 Edition nº 68, de BP Sitio web:

<https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>

[10] Imperial College London (2016) CCUS. De Sustainable Gas Institute Sitio web:

<https://www.sustainablegasinstitute.org/>

[11] Países miembros de la OCDE. 2019, de Organisation for Economic Co-operation and Development. Sitio web: <http://www.oecd.org/about/>

[12] Mártil, I. (2014). Fortalezas y debilidades del sistema de generación de energía eléctrica en España. De Público Sitio web:

<https://blogs.publico.es/econonuestra/2014/10/15/fortalezas-y-debilidades-del-sistema-de-generacion-de-energia-electrica-en-espana/>

[13] AMA (2014). Europa cumplió el protocolo de Kioto, España no. Asociación por el Medio Ambiente y contra el Cambio Climático Sitio web:

http://www.medioambienteycambioclimatico.org/index.php?option=com_acymailing&ctrl=archive&task=view&mailid=30&key=435b37f900510fab9497c5726bebbbaeb&subid=1093-4d9ebb3678576991755702cd281971fa

[14] Rodríguez, A. (2013). España cumple con Kioto un año después. IMF Business School Sitio web:

<https://blogs.imf-formacion.com/blog/energias-renovables/noticias/espana-cumple-con-kioto-un-ano-despues/>

- [15] Energías Renovables (2020). Bain & Company señala las tendencias 2030 de los mercados energéticos. De El Periódico de las Energías Limpias Sitio web: <https://www.energias-renovables.com/panorama/bain-amp-company-senala-las-tendencias-de-20200217>
- [16] Leis J. (2019). Gestión de la transición energética: tres escenarios para la planificación. De Bain & Company Sitio web: <https://www.bain.com/insights/managing-the-energy-transition-three-scenarios-for-planning/>
- [17] Nogueira R. (2019) Preparados para la transición energética. De Ethic Sitio web: <https://ethic.es/2019/04/preparados-para-la-transicion-energetica/>
- [18] WEF. Índice de transición energética 2020: de la crisis al rebote. 2020, de World Economic Forum Sitio web: <https://es.weforum.org/reports/fostering-effective-energy-transition-2020>
- [19] Aragón, E. Los combustibles fósiles tienen una pobre tasa de retorno de energía. 2019, de Energy News Sitio web: <https://www.energynews.es/combustibles-fosiles-pobre-tasa-de-retorno-de-energia/>
- [20] DR. Paul Brockway. Los combustibles fósiles ofrecen un pobre retorno de la inversión en energía. 2019, University of Leeds Sitio web: http://www.leeds.ac.uk/news/article/4444/fossil_fuels_offer_a_poor_return_on_energy_investment
- [21] Ballenilla, M. y Ballenilla, F. La tasa de retorno energético. 2007, de El Ecologista N.º 55 Sitio web: <https://www.ecologistasenaccion.org/17905/la-tasa-de-retorno-energetico/>
- [22] La Guía de los vagos para salvar el mundo. 2015, de Naciones Unidas Sitio web: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/takeaction/>
- [23] Objetivos de Desarrollo Sostenible. 2015, de Naciones Unidas Sitio web: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
- [24] Asociación Nacional de Empresas de Servicios Energéticos (ANESE). Observatorio de Eficiencia Energética. 2018, de ANESE Sitio web: <https://material-electrico.cdecomunicacion.es/images/observatorio-anese-2019.pdf>
- [25] The Boston Consulting Group (BCG). Evolución tecnológica y prospectiva de costes de las energías renovables. Estudio Técnico PER 2011-2020, de Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía Sitio web: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11227_e2_tecnologia_y_costes_7d24f737.pdf

- [26] International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Power Generation Costs in 2014. Publicado en 2015, de IRENA Sitio web: https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Power_Costs_2014_report.pdf
- [27] Endesa. Generación Distribuida. 2014, de Fundación Endesa Sitio web: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-generacion-distribuida>
- [28] Energía y Sociedad. SmartGrids Redes Eléctricas Inteligentes. 2010, Sitio web: <http://www.energiaysociedad.es/wp-content/uploads/pdf/smartgrids.pdf>
- [29] Díaz, CA, Hernández, JC. Las TICs y modernización de las Smart Grids - Estado del Arte Sistemas & Telemática, vol. 9, núm. 18. 2011, de Universidad ICESI Sitio web: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=411534385004>
- [30] Fernández, S. El coche eléctrico y las Smart Grids. V2G, V2H y V2B (I). 2016, de Foro Coches Eléctricos Sitio web: <https://forococheselectricos.com/2016/08/el-coche-electrico-y-las-smart-grids-i-v2g-v2b-y-v2h.html>
- [31] Seijo, M., López, G., Moreno, JI. El reto de la ciberseguridad en Infraestructuras de Medición Avanzada. 2017, de Smart Grid Info. Sitio web: <https://www.smartgridsinfo.es/comunicaciones/comunicacion-reto-ciberseguridad-infraestructuras-medicion-avanzada>
- [32] CITCEA – UPC (Universitat Politècnica de Catalunya). Smart Grids: Tecnologías prioritarias. 2013, de Funseam Sitio web: <http://www.funseam.com/phocadownload/smart%20grids.%20tecnologas%20prioritarias.pdf>
- [33] Peralta, A., Fernández, A. Evolución de las redes eléctricas hacia Smart Grid en países de la Región Andina. 2013, de Revista Educación en Ingeniería Sitio web: <https://educacioneningenieria.org/index.php/edi/article/view/285/165>
- [34] Fairley, P. (2010). La electrónica de potencia flexible hará que la red inteligente sea inteligente. 2010, de IEEE Spectrum Sitio web: <https://spectrum.ieee.org/energy/the-smarter-grid/flexible-ac-transmission-the-facts-machine>
- [35] Energética XXI. La red hacia la inteligencia mediante electrónica de potencia. 2014, Sitio web: <http://www.energetica21.com/>
- [36] Olabarrieta, JL. Aplicaciones de los dispositivos FACTS en generadores eólicos. 2008, de Técnica industrial Sitio web: <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/36/38/a38.pdf>
- [37] Ministerio de industria, turismo y comercio. REAL DECRETO 1110/2007. 24 agosto, de BOE 224 Sitio web: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-16478>

- [38] Ministerio de industria, turismo y comercio. Orden ITC/3860/2007. 28 diciembre, de BOE 312 Sitio web: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-22458>
- [39] Vélez, AM. España lidera la instalación de contadores inteligentes de la luz en la UE sin haber analizado sus beneficios. 2019, de El Diario Sitio web: https://www.eldiario.es/economia/Espana-instalacion-contadores-inteligentes-UE_0_960654724.html
- [40] Labein Tecnalia. Guía básica de la generación distribuida. 2007, de Fenercom Sitio web: <https://www.fenercom.com/publicacion/guia-basica-de-la-generacion-distribuida-2007/>
- [41] Especificaciones particulares y proyectos tipo de i-DE Redes Eléctricas Inteligentes, SAU. 2020, de Voltimum Sitio web: <https://www.voltimum.es/novedades-tecnicas/especificaciones-particulares-y>
- [42] ACCIONA instala en Extremadura la primera planta fotovoltaica flotante conectada a red en España. 2020, de Acciona Sitio web: <https://www.acciona.com/es/salaprensa/noticias/2020/marzo/acciona-instala-extremadura-primera-planta-fotovoltaica-flotante-conectada-red-espana/>
- [43] Los siete proyectos energéticos más innovadores en España para 2020. 2020, de El periódico de la energía Sitio web: <https://elperiodicodelaenergia.com/los-siete-proyectos-energeticos-mas-innovadores-en-espana-para-2020/>
- [44] el periódico verde. (2016). Energías renovables: los 10 proyectos más importantes del mundo. de Ecoticias Sitio web: <https://www.ecoticias.com/energias-renovables/117485/Energias-renovables-10-proyectos-importantes-mundo>
- [45] Imágenes de Google. Eficiencia según el Angulo de acimut. De Google Sitio web: https://www.google.com/search?q=eficiencia+segun+angulo+de+acimut&sxsrf=ALeKk01V7VM3vCF0DUTHEBgkb2K1B70XaQ:1597570550494&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiWtqmJtp_rAhXvx4UKHfT-DtkQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1242&bih=568
- [46] Sun Earth Tools. Posición del Sol, cálculo de acimut. Sitio web: https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=es
- [47] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM. Rendimiento de un sistema FV aislado y con conexión a red. de European Commission Sitio web: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html

FIGURAS Y TABLAS

Figuras y tablas

Figura 1. Primera Pila de Alessandro Volta, 1800, Gillard – *Leçons de Physique*. Vuibert et Nony

Figura 2. Guerrero, A. Primeras luces de Madrid, ACTA, Puerta del Sol 24 de enero 1878.

Figura 3. Logotipo Red Eléctrica de España. Recuperado de REE [3]

Figura 4. Mapeo de redes eléctricas en América del Sur, Perú y Chile [4]

Figura 5. Logotipo Red Eléctrica Internacional, Recuperado de REI [4]

Figura 6. Mix de energía primaria en España 2018 respecto a 2017, BP Statistics Review [6]

Figura 7. Elaboración Propia. Mix Energético de OCDE en Europa [8]

Figura 8. Eólica Marina, imagen: Sea of Innovation Cantabria 2019

Figura 9. Porcentaje del mix de energía primaria mundial 2018 respecto a 2017 [6].

Figura 10. Funcionamiento de la tecnología CCUS, Sustainable Gas Institute [10]

Figura 11. Producción de electricidad de la OCDE por tipo de combustible [8].

Figura 12. Países integrantes de la OCDE, Ampliación y nuevas relaciones. [11]

Figura 13. Evolución Anual de los Intercambios Programados. Informe REE 2018 [3].

Figura 14. Conexiones Internacionales, Capacidad de intercambio comercial. Periódico Cinco Días. Imagen: Trincado. B. de REE [3].

Figura 15. Protocolo de Kioto. Índice de evolución de emisiones de CO₂ [14].

Figura 16. Mapa Global de Transición Energética. De Ethic [17].

Figura 17. Elaboración Propia. TRE del Mix energético más importante global. Fuente El Ecologista Nº 55.

Figura 18. Emisiones de Gas Efecto Invernadero (ktep-CO₂). Fuente MITECO (PNIEC)

Figura 19. Energía Primaria (ktep). Fuente MITECO (PNIEC)

Figura 20. Potencia Instalada (GW). Fuente Red Eléctrica Española 2018. MITECO (PNIEC)

Figura 21. Generación de Energía. Fuente REE (Balances de energía eléctrica 2018)

Figura 22. Energía Final. Fuente MITECO (PNIEC) de IDEA.

Figura 23. Gráfico de precios medios importación del crudo en España. Fuente IDAE.

Figura 24. Evolución de la dependencia energética en España respecto a la UE28.

Fuente Eurostat, MITECO, CARBUNION Y APPA Renovables. Evolución de la dependencia energética en España

Figura 25. Esquema ejemplo 3D de la Generación Distribuida, Fuente La nueva Crónica

Figura 26. a) Sistema Convencional/b) Sistema Smart Grid. Fuente Redalyc.

- Figura 27.** Esquema de implantación del vehículo eléctrico en una Smart Grid.
- Figura 28.** Arquitectura TIC para AMI. Fuente Smart Grid Info.
- Figura 29.** Mapeo de estándares y tecnologías a varios segmentos de Smart Grid
- Figura 30.** Diferentes tecnologías de almacenamiento de energía
- Figura 31.** Diseño y Esquema Simplificado de un SVC. Fuente EENEWS EUROPE.
- Figura 32.** Porcentaje de instalación de contadores inteligentes en Europa. Fuente Comisión Europea/VERT
- Figura 33.** Plan de sustitución de contadores en España por diferentes compañías eléctricas. Fuente La información, Extraído de **CNMC**.
- Figura 34.** Motor combustión interna. Fuente Soltech Energía
- Figura 35.** Turbina de Gas. Fuente world energy trade.
- Figura 36.** Esquema básico de conexión fotovoltaica aislada en generación distribuida. Fuente Suelo Solar.
- Figura 37.** Logotipo del Grupo Etra Investigación y Desarrollo
- Figura 38.** Logotipo de Ciberplus energy
- Figura 39.** Potencia fotovoltaica instalada en España. Fuente: REE.
- Figura 40.** Diseño de Planta fotovoltaica flotante. Fuente: Acciona
- Figura 41.** Emplazamiento de la parcela a diseñar. Elaboración Propia.
- Figura 42.** Emplazamiento parcela a diseñar. Elaboración propia
- Figura 43.** Ilustración de conexión de elementos en la instalación. Fuente Manual Huawei.
- Figura 44.** Módulos FV a instalar, fuente: características JA Solar JAM72S10 390-410/MR
- Figura 45.** Diagrama eficiencia respecto al ángulo de acimut. [45]
- Figura 46.** Posición del sol en el emplazamiento de la instalación, Sacado en agosto.[46]
- Figura 47.** Ángulo de acimut de los módulos fotovoltaicos. Elaboración Propia.
- Figura 48.** Rendimiento mensual de los módulos fotovoltaicos. [47]
- Figura 49.** Rendimiento mensual de los módulos fotovoltaicos. [47]
- Figura 50.** Inversor Huawei, fuente: características Huawei SUN2000 5KTL
- Figura 51.** Modelo de estructura integrado CS-DIRECT. Fuente: C. SOLAR
- Figura 52.** Batería de Ion-Litio Fosfato. Fuente: Auto Solar.
- Tabla 1.** Instalaciones de red de transporte energético en España, Fuente REE 2018 [3]
- Tabla 2.** Cambios en el panorama energético hasta 2030. Elaboración propia, fuente: Bain & Company [16].

Tabla 3. *Ventajas e inconvenientes de las principales tecnologías de almacenamiento energético. Fuente IDAE.*

Tabla 4. *Requerimientos potenciales de comunicaciones en Smart Grid. Fuente Revista Educación en Ingeniería*

Tabla 5. *Sistemas de generación distribuida y almacenamiento según su desarrollo. Fuente Guía básica de la generación distribuida.*

Tabla 6. *Resultados de la simulación de instalación FV. [47]*

Tabla 7. *Resultados de la simulación de instalación FV. [47]*