

EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD

Oportunidad para una transición a un modelo cooperativo

- 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía
- 10.2 La cadena energética y su eficiencia
- 10.3 Políticas energéticas y movilidad
- 10.4 Dependencia energética y movilidad
- 10.5 Transición energética y movilidad
- 10.6 Ideas Clave.

Notas y referencias bibliográficas



El factor determinante de la movilidad en las próximas décadas ya no será tanto la transformación que padezcan las ciudades para armonizar la eficacia y eficiencia del espacio público y de los modos de transporte, como el modelo energético que las sostenga.

El nivel de independencia energética que alcance cada país, y la democratización de los recursos energéticos serán condicionantes fundamentales de desarrollo social e individual. Porque lo que está en juego, va más allá de la movilidad. Sin embargo, esta puede ser un catalizador de todo aquello que en este momento debe empezar a transformarse, a pesar de los inconvenientes que existen, la mayoría de los cuales provienen básicamente de intereses creados y controlados por unos pocos.

En el caso de aquellos países sin recursos petrolíferos propios como España, la

dependencia representa ya, ahora mismo, un factor de debilidad política y económica crucial. La escalada de precios ya ha sido prevista por prácticamente todos los expertos en los próximos años a pesar de las fluctuaciones creadas artificialmente. La incorporación de Asia como continente consumidor de primer orden, y los inicios de la limitación de las reservas mundiales de crudo a un precio de extracción razonable (en coste y medioambiental), seguramente acelerarán el proceso.

Las implicaciones que acarrea la combustión del petróleo tanto a nivel planetario (efecto invernadero), como local en términos de calidad de vida urbana y de costes sociales sanitarios debidos a la contaminación local, se suman a los conflictos internacionales que provoca los intentos de control, y la reducción de competitividad económica debido a su coste fluctuante.

Todos estos inconvenientes parecen

ya vislumbrar una demanda inequívoca de cambio de paradigma en el modelo energético que de modo muy directo afecta a toda la automoción mundial.

Sistemas energéticos ya testados hace algunas décadas pero abandonados, surgen de nuevo como opciones viables para sustituir al modelo anterior. Pero también una constelación de opciones innovadoras, que pugnan por encontrar su nicho a medio y largo plazo, en el nuevo ecosistema energético que se está constituyendo.

Aún cuando ello pueda suponer también un cambio de modelo sobre la gestión y acceso a su producción, lo que es cierto es que intereses económicos de primera magnitud mundial: petroleras, industria del automóvil, pugnan por no perder su posición de control sobre este mercado en desarrollo. Está por ver cómo se puede estructurar una transformación progresiva hacia un modelo más descentralizado, seguro y menos dependiente.

10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

Merece la pena invertir un tiempo breve en explicar conceptos y el lenguaje específico propio del sector de la energía, en especial para aquellos que se sumergen por primera vez, ya que además se utilizan en los apartados siguientes.

- a) ¿Como se mide la energía y el consumo energético?.
- b) Energías primarias y finales.
- c) Recursos energéticos renovables y no renovables
- d) Mix energético de un país.
- e) Curva de producción y de consumo.

a) ¿Cómo se miden la energía y el consumo energético?

Existen dos conceptos para tratar numéricamente los recursos energéticos: La potencia y la energía

- La Potencia es la cantidad de energía utilizada por unidad de tiempo, o capacidad de realizar un

trabajo por unidad de tiempo. Si identificamos el cable que transporta la energía hasta una nevera como si fuera en realidad una cañería que aporta combustible, la potencia vendría a ser el área de la sección de esa cañería. Una cañería más ancha indica que puede fluir más agua (energía) por unidad de tiempo.

La potencia (nominal) -la que indican los fabricantes- se puede identificar, por consiguiente, con el consumo instantáneo requerido para que una máquina funciones sin estropearse, aunque esta podría ser puntualmente mayor o menor en función de la solicitud de trabajo.

Existe diferentes unidades de medida de la potencia: pequeñas potencias en el caso de electrodomésticos, iphones, etc...se miden en Watts; la potencia que requiere una vivienda ya se mide en kwatts: KiloWatts (kW); la industrias utilizan medidas de MegaWatts (MW) =10⁶ watts (1 millón watts) de consumo al año. Y cuando se trata de la potencia que necesita una ciudad, o incluso un país, se utiliza entonces la unidad GigaWatts (GW)= 10⁹ watts (1 billón watts), o Terawatts (TW)= 10¹² watts (trillón). Ello se asemejaría múltiples cañerías de gran grosor, en las cuales varía la cantidad de energía que fluye por unidad

Figura 10.1: Cuadro de potencias y consumos medios de referencia.

Fuente: Elaboracion propia y web Certicalia (<https://www.certicalia.com/blog/cuanta-electricidad-consume-una-casa>)

	Potencia (Nominal)	Consumo medio/día
Bombilla de resistencia	100 W	400Wh (4 horas encendida) ⁽¹⁾
Persona	100 W	2.400 Wh(24h)
Microondas	1000 W	500 Wh (30min)
Ordenador	200 W	2 kWh (10h)
Frigorífico	400 W	1.8 kWh
Vehículo de 2000 CC (136CV)-40km/día	6 l /100km	12 kWh
Vivienda (ESP)	4,6 kW	9,6 kWh
Vehículo eléctrico (40 km/día)	20kWh/100km	8 kWh
Edificio (50 familias)		480kWh
Ciudad metropolitana (Barcelona 2017)		41 GWh

Nota: (1) se indican las horas en funcionamiento al día.

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

de tiempo por ellas en función de la hora del día o de la estación. Su consumo total, sin embargo dependerá del tiempo en que se encuentren en funcionamiento (Figura 10.1).

Uno de los documentos de referencia de este capítulo proporciona un sistema didáctico sencillo para entender los órdenes de magnitud de la potencia entre acciones cotidianas ^[1].

La potencia en términos de producción/consumo de energía se utiliza para explicar la capacidad de generación energética potencial instantánea de una determinada fuente. Pero esa potencia no se traduce en una de producción al 100% en todo momento. La energía producida dependerá del tiempo efectivo en que esté funcionando esa fuente.

Las curvas de producción instantánea en tiempo real (ver Figura 10.8) expresan la potencia total en funcionamiento del conjunto de los diferentes sistemas, utilizados para generar la energía necesaria para responder a la demanda instantánea (ver Mix energético). Algunos como la nuclear, tienen un régimen muy constante de producción aunque su capacidad de variación es limitada; otros en cambio sólo generan esa potencia unas pocas horas al día para responder a puntas.



Ello resulta muy claro con las fuentes o sistemas de energía renovable. Si bien los paneles fotovoltaicos tienen una potencia de generación de 1.256 KW/ha instalada, las horas naturales de radiación solar reducen sensiblemente la capacidad de producción efectiva. Igual ocurre con los aerogeneradores, cuya capacidad de producción depende al final de los regímenes de viento.

En algunos casos, algunos sistemas de producción sólo se ponen en funcionamiento unas pocas horas al año para cubrir una demanda punta. La potencia identifica la capacidad real de producción cuando se les solicita en ese período determinado.

- La **Energía**, en cambio debe entenderse como el combustible consumido durante una unidad de tiempo (hora, día, año): Watts·hora ^[2]. Esta también se identifica con el concepto de trabajo y se mide con diferentes unidades como calorías (cal), caballos de vapor (CV), o joules (J), que aquí no utilizaremos.

Si recordamos la fórmula: energía = potencia x tiempo, bajo esta idea utilizaremos el valor compuesto de las unidades de potencia y el tiempo para referirnos a energía total producida, o bien consumida.

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

Al tratar la energía eléctrica a escala de país, los ordenes de magnitud se disparan. Se observan dos formas de referirse a ello:

(1) Se utiliza las unidades de potencia en vez de las de energía, ya que se sobreentiende que se trata de la energía consumida durante un año. Por ello, en vez de hablar de un consumo de 5 Terawatts*año durante un año, que sería 5TWh/a, se tiende a decir simplemente 5TW;

(2) Aunque también es muy común la unidad KWh, GWh o TWh, para referirse a la energía total producida o consumida al año.

Para indicar las reservas energéticas de un país, se utilizan las unidades de energía como Terawatts-año, y a veces se añade un sub-índice con una letra para indicar el vector energético de que se trata: TWt (si provienen de energía térmica) para hablar de TWe (si provienen de energía eléctrica).

b) Energías primarias y energías finales.

Se distinguen dos ámbitos específicos al tratar los recursos energéticos de que dispone o utiliza un país: *Energías primarias y energías finales*.

Figura 10.2: Tabla de energías primarias principales y sus transformación en vectores energéticos

Energías primarias	Tipo	Tipo de Obtención	Tipo transformación	Energías finales: VECTOR ENERGÉTICO
Petróleo	NR	Extracción pozo petrolífero	Refinería	Gasolina Gasóleo Gas metano
Gas natural	NR	Extracción pozo	Destilación y compresión	GN comprimido
Carbón	NR	Extracción mina	-	Carbón
Biomasa	R	Agricultura	Digestión anaerobia	Bio-combustibles
Uranio (Energía Atómica)	NR	Extracción mina	Fisión controlada en Central nuclear	Electricidad
Hidráulica	R	Presa	Turbina + generador	
Eólica	R	Aerogeneradores	Generador	
Solar	R	Paneles fotovoltaicos	Extensión /Concentración	
Geotérmica	R	Fuentes naturales	Central	
Marina	R	Fuerzas mareomotrices	Centrales especiales	

Nota 1. (R): Renovable; (NR) No renovable

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

- *Energías primarias.* Entendidas como aquellas que provienen directamente de la naturaleza: carbón, petróleo, energía hidráulica, eólica, solar o Nuclear. Pero en la mayoría de los casos deben ser transformadas hasta convertirse en energías accesibles para sus uso final. Así, la energía nuclear o la Hidráulica se deben transformar en electricidad, mediante las centrales transformadoras adecuadas. Su capacidad de regeneración es el primer factor que las clasifica entre Renovables y No renovables, como trataremos a continuación. Pero también otro factor determinante es el modo de obtención: bien mediante sistemas de extracción (pozos petrolíferos o gas, minas..), o mediante sistemas de captación para ser directamente convertidas en energías finales como la electricidad: paneles solares, aerogeneradores. Muchos países carecen de estos recursos naturales primarios y deben importarlos, con los costes y problemas de todo tipo que ello genera.

- *Energías finales.* Se denominan también **vectores energéticos**. Definen el tipo de energía consumida realmente por los usuarios. La electricidad es una de las principales. Dado que esta no existe en principio como energía primaria en la naturaleza, siempre se debe obtener de otras. Las fuentes de

Figura 10.3: Tabla ejemplo de energías de transición
Fuente: Elaboración propia

Energía anterior	Energía transición	Tipo transformación	Energía final (vector)
Petróleo	Metano	Refinería/proceso químico	Hidrógeno (combustible)
Petróleo	Hidrocarburos	Central térmica	Electricidad
Fuentes primarias	Electricidad	Hidrólisis	Hidrógeno
Metano	Hidrógeno	Pila hidrógeno	Electricidad

Nota 1. Nota: Se muestran unos pocos ejemplos para ilustrar la cuestión. En la publicación La última Oportunidad. se muestran todas las posibilidades

las que se obtienen abarcan múltiples energías primarias, algunas de recursos energéticos no renovables, como el propio petróleo en centrales térmicas; o a partir de energías renovables (hidráulica, eólica, solar).

Algunas energías primarias en realidad son utilizadas como energías de transición hasta convertirse en la energía final necesaria para un consumo concreto. Este es el caso por ejemplo del Hidrógeno, que tampoco se encuentra libre en la naturaleza, y se puede fabricar a partir de otras

energías, convirtiéndose en un vector (combustible directo para industria y aeronáutica), o de nuevo ser transformado en energía final como la electricidad mediante una pila eléctrica.

Cuando el consumo de energía final de un país excede el de su energía primaria disponible, este se ve obligado a importar energía.

Sin embargo, puede que ello ocurra únicamente con un tipo de energía específica, como sucede a menudo con el caso de los hidrocarburos. En

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

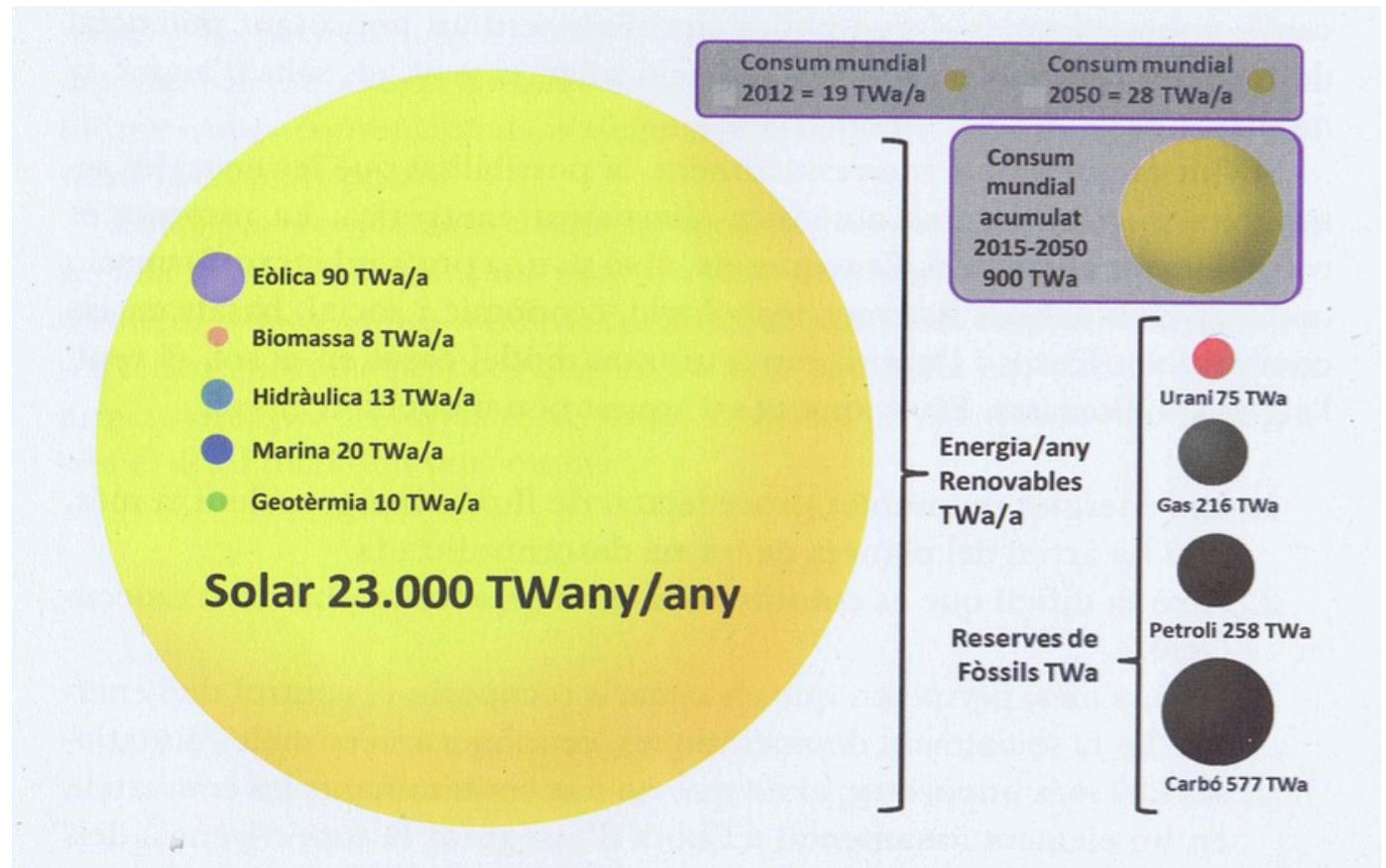
cambio, pueda tener un excedente de otras energía primarias.

c) Recursos energéticos renovables / no renovables y seguridad energética.

El término no renovable se refiere básicamente a todos los recursos energéticos con un potencial de existencia limitado a unas pocas décadas, como son el petróleo, el uranio o el gas. La tenacidad de la naturaleza trabajando durante miles de años sobre depósitos de residuos orgánicos, permitió capturar millones de toneladas de CO₂ en grandes almacenes naturales y convertirlos en productos sólidos como el carbón, líquidos como el petróleo, o gaseosos, que para bien o para mal, parecen tener ya un determinado límite, al menos como recurso con sistemas tradicionales de extracción. Una vez extraídos y agotados en un determinado lugar, deben buscarse nuevos yacimientos, con mayores dificultades.

Pero su límite parece estar cercano, aunque existan nuevas formas de obtenerlos, pero más caros y controvertidos como el *fracking* debido a su impacto ambiental^[a]. Mientras que las reservas de recursos no renovables entre 2015 y

Figura 10.4. Gráfico comparativo del potencial energético de las energías renovables
Fuente: El colapso es evitable. Ed Octaedro



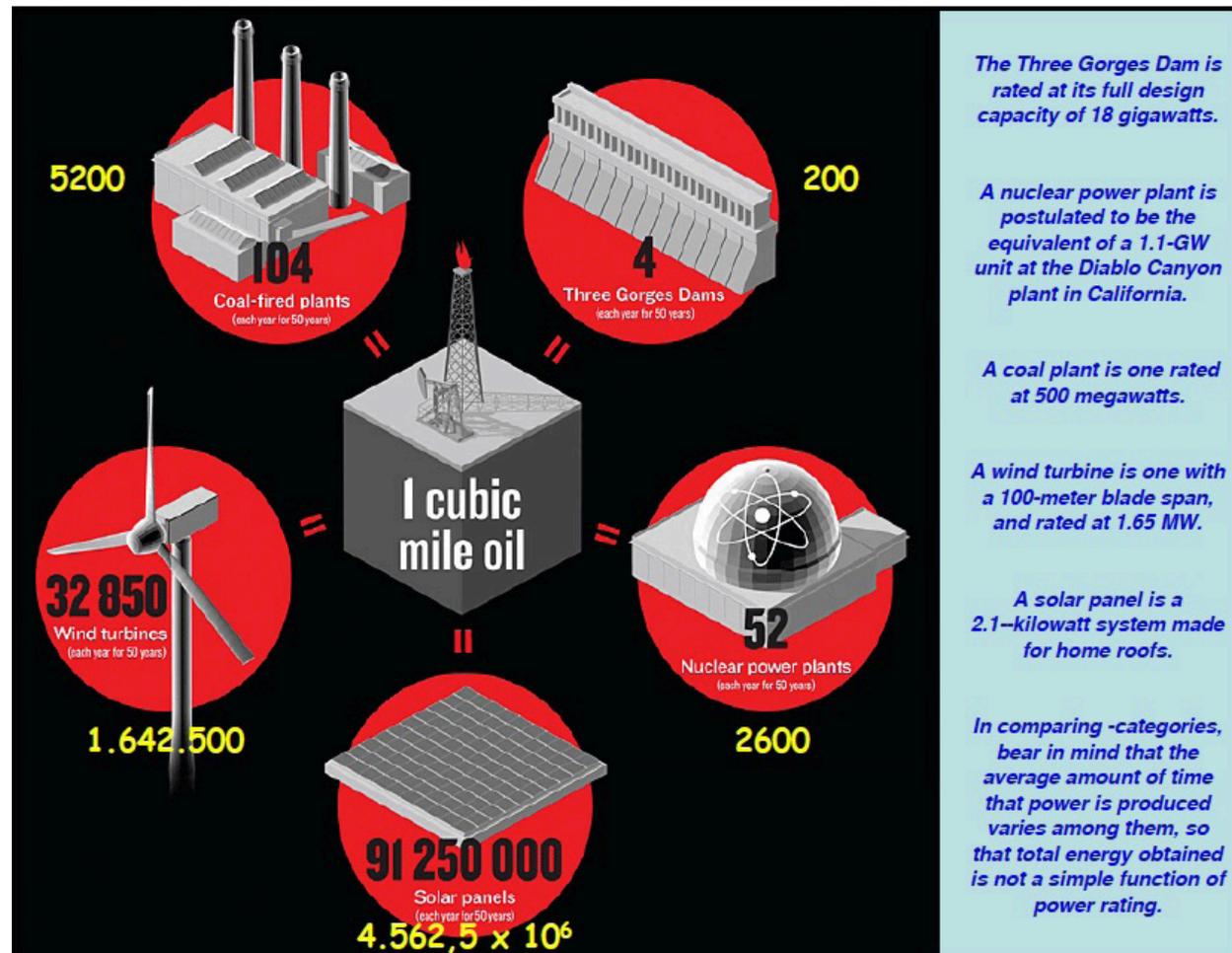
10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

2050 se calculan en unos 1.126 TWh, el consumo acumulado energético en ese período también estimado, se calcula entorno de los 900 TWh (Figura 10.4).

Debe recordarse, sin embargo, que hoy día ya es posible generar hidrocarburos a partir de material vegetal. Los llamados bio-combustibles surgieron también como una opción para evitar retornar a la atmósfera esos millones de toneladas de CO₂ capturados hace eones, y al menos, utilizar el capturado por el ecosistema sistema vegetal actual, de forma que su contribución en CO₂ se entendía de algún modo como nula. Pero los efectos económicos negativos generados sobre los mercados de productos básicos de la alimentación de algunos países (maíz o soja como materia prima), parecen haber relajado esa tendencia, cuando se presentaba como el sustituto natural del petróleo en el proceso de transición hacia un nuevo modelo energético.

El sol, en cambio, es la mayor máquina de fusión nuclear imaginable en nuestro entorno próximo. El hecho de que su límite de funcionamiento esté establecido en unos cuantos millones de años, lo convierten en esos términos temporales en el

Figura 10.5: Comparativa de capacidad energética por unidad de volumen



10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

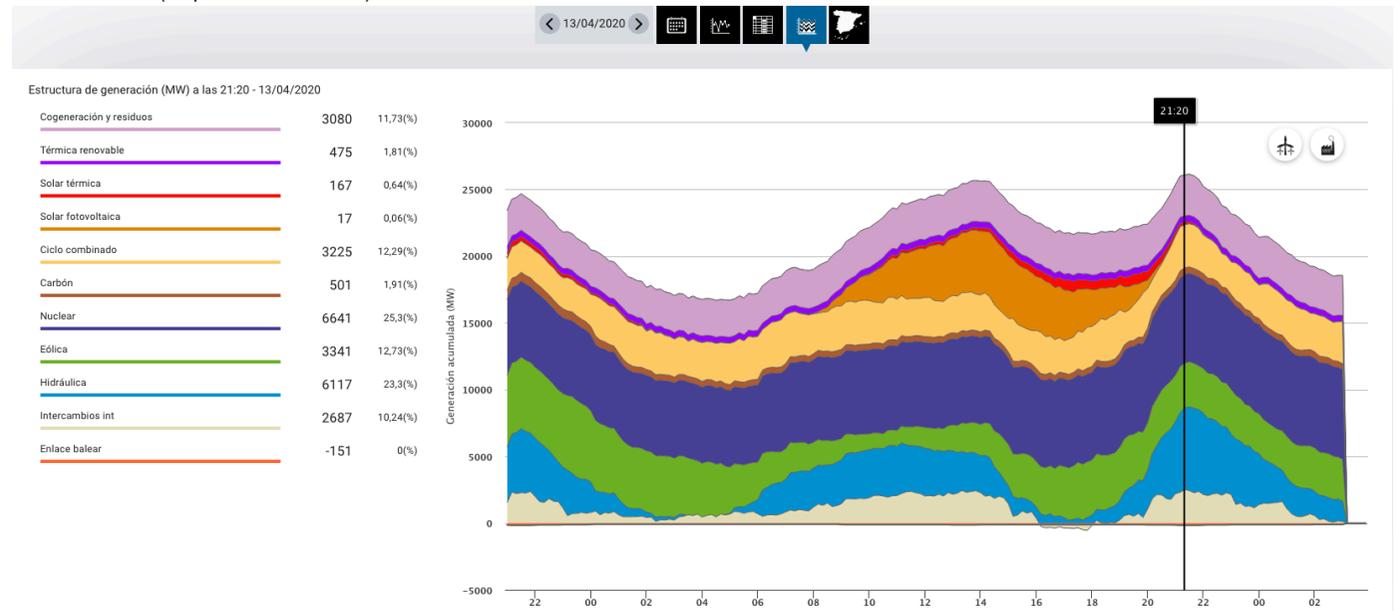
principal recurso renovable, y causa además, junto con el movimiento planetario, del resto de energías renovables (hidráulica, eólica, maremotriz, geotérmica), produciéndose un abastecimiento inmediato, “gratis”, e ilimitado, si no fuera por el pequeño detalle de su dispersión.

Las energías renovables tienen una capacidad muy superior a la realmente requerida por la humanidad. Tan sólo la energía que recibe la tierra (los continentes) del sol se estima que supera en unas 1.000 veces la energía que utiliza el hombre en la actualidad.

Si embargo, a pesar de este inmenso recurso, la naturaleza la distribuye de manera que recogerla para que resulten viables requiere un enorme esfuerzo, tanto desde el punto de vista técnico como de la controversia generada por su implantación, como en el caso de los parques eólicos y su ubicación al coincidir el viento con zonas de alta calidad natural o impacto visual.

El día que seamos capaces de crear un pequeño sol en la tierra (la energía de fusión, que se encuentra en fase experimental todavía), nuestros problemas de energía (barata e interminable), se podrían haber acabado.

Figura 10.6. Evolución de demanda y magnitud de producción según Mix energético de España (. Fuente: REE. (<https://www.ree.es>))



Mientras tanto, la realidad nos impone lo que refleja la Figura 10.5, es decir, la necesidad de implantar un gran número y diversidad de unidades tecnológicas en el territorio para conseguir la misma energía que se encuentra concentrada en una milla cúbica de petróleo.

Por otra parte, lo que identifica a cualquier país desarrollado es disponer de una producción robusta y permanente capaz de responder en todo

momento (24 horas del día, 365 días del año) a una demanda de consumo que además fluctúa según las estaciones y horas del día. Esta capacidad de subministro, denominada con el término *seguridad energética*, constituye una exigencia social, como lo es hoy en día el alcantarillado o la disponibilidad de agua potable.

Dicha estabilidad implica, sin embargo, disponer

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

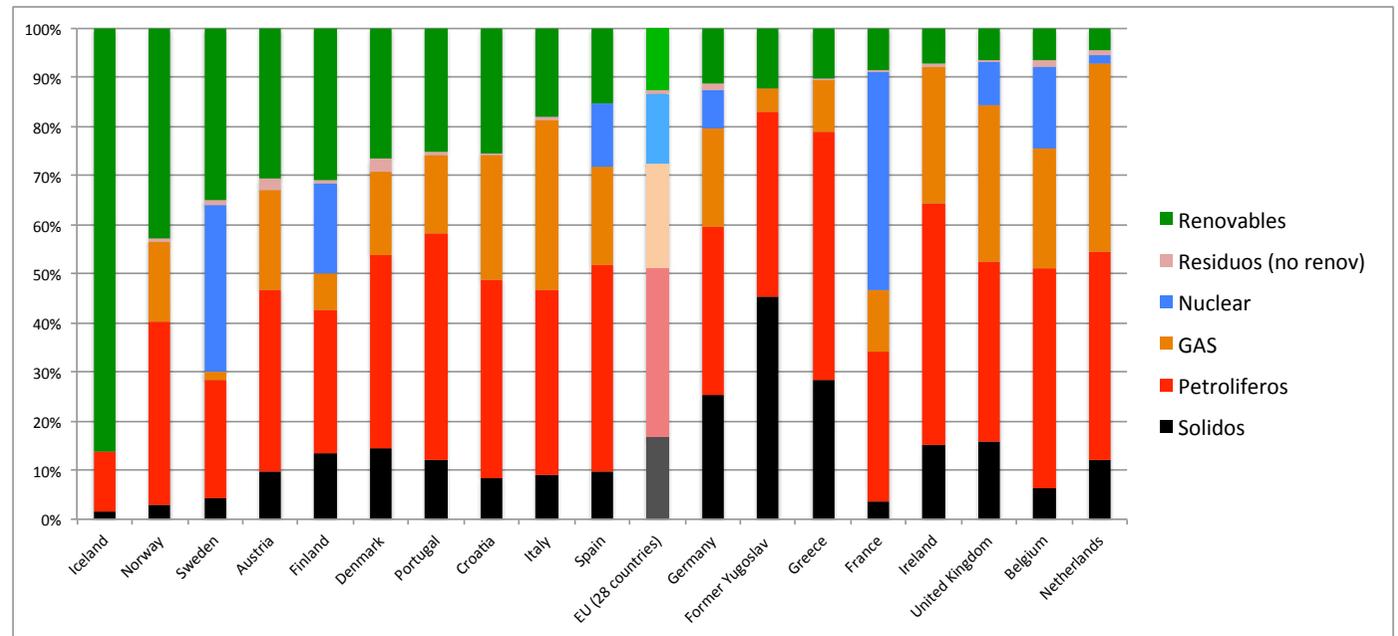
de una base energética confiable para la demanda mínima permanente y un conjunto de opciones o alternativas que puedan ponerse en funcionamiento para solucionar las situaciones de demanda puntual, según régimen horario, o según momentos de frío o calor intenso.

Hasta hace pocos años, la energía que aportaba la base mínima cotidiana (de robustez permanente) para responder a la demanda básica de la red eléctrica se basaba en fuentes de energía no renovable: energía nuclear, carbón, hidrocarburos mediante centrales térmicas, y en el caso de España también la Hidráulica;

Las renovables al tener una capacidad de producción más irregular, suponían un % pequeño como fuente primaria dentro del conjunto, y se consideraba que su inestabilidad, debido a su propio régimen natural aleatorio, impedía darles un rango de energía básica.

Sin embargo, la extensión y diversificación de las fuentes renovables está permitiendo que cada vez más, el conjunto de todas ellas produzca un suministro básico día y noche. En el caso de España, la energía primaria nuclear, que se ha venido explicando como sustento fundamental del régimen ordinario, se ha podido demostrar no ser

Figura 10.7: Gráfico de Mix energético de energías primarias y otro de vectores de diferentes países (2014). Fuente: Elaboración propia a partir datos Eurostat.(2016).



tan cierto cuando en 2015 la parada forzosa y avería de alguna central nuclear, situó su producción a la mitad durante un período considerable, sin que ocurriese nada extraordinario [b]. Debe alertarse de que el tratamiento de la energía como un recurso económico con el cual especular, ha llevado a situaciones de dejación de su mantenimiento, derivando en alguna lamentable

ocasión a la caída de la red y el suministro durante días [c]. En ese momento, se pone en evidencia la importancia de la red eléctrica como un servicio social esencial, que debe ser gestionado por técnicos adecuados, en vez de únicamente abogados o economistas.

d) El Mix energético

El modelo energético de oferta de un país o de un territorio, se muestra a través de lo que se denomina el *Mix energético*, que viene a ser a la contribución (en valor absoluto o en porcentaje) de cada tipo de energía en el conjunto total, sea referida a energía primaria producida o a energía final consumida.

La relación y valores entre el *Mix* de energía primaria y final, proporciona una radiografía básica de las fortalezas o debilidades de un país, o de un territorio cualquiera en este aspecto. Puede ser considerado un indicador fundamental, como lo es la distribución modal al tratar la movilidad.

Algunos países disponen de excedentes energéticos primarios, de manera que exportan a otros países. No debe existir necesariamente un equilibrio entre energías primarias que produce o captura, y las que realmente consume dicho país. Pero está claro que el consumo final de energía de ese país determina las necesidades reales de su sociedad.

Las estrategias energéticas a largo plazo de los países va o debería ir orientada a conseguir que parte principal de su *Mix* energético se origine

Figura 10.8. Curva de consumo y producción de energía eléctrica en España (12/04/2020). Fuente: REE.(<https://demanda.ree.es/visiona/peninsula/demanda/total>)



en el propio país, para conseguir así eliminar o minimizar la dependencia energética de recursos energéticos de otros países.

Sin embargo, los objetivos van más allá. Países con ideas claras están aplicando políticas cuya estrategia energética consiste en reducir cuanto antes de su *Mix energético*, aquellas energías basadas en el carbono^[4]. Potencian de forma decidida iniciativas para crear vectores energéticos basados en energías renovables con alta diversidad

y distribución en el territorio, que puedan sustituir las carbónicas, sin reducir la seguridad de su distribución.

e) Curva de producción y consumo

Un principio fundamental de equilibrio energético es que la curva de producción energética y de demanda (consumo) estén equiparadas lo máximo posible en todo instante.

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.1 Conceptos básicos al hablar de energía

La curva de demanda de la electricidad presenta una gráfica diaria más o menos similar (Figura 10.8), con variaciones puntuales de los picos en intensidad y/o en la franja horaria en que se producen, por cambios estacionales generales, pero también por condiciones climáticas inesperadas (aunque parecen empezar a ser habituales), por ejemplo ante un episodio de calor no previsto, o de frío, que dispara el uso de los aires acondicionados o calefacciones. De hecho, las puntas en invierno en España se producen entre las 20 y 21 horas, mientras que en verano entre las 13 y 14 horas.

La energía eléctrica presenta por un lado el inconveniente de estar *acoplada*, es decir, la producción deben corresponderse al instante con la demanda; en caso de no existir suficiente producción instantánea, el sistema se interrumpe, dejando extensas zonas de población sin energía básica. Y ante un excedente de producción, ésta se pierde si no se consume, por falta de sistemas de almacenamiento masivo.

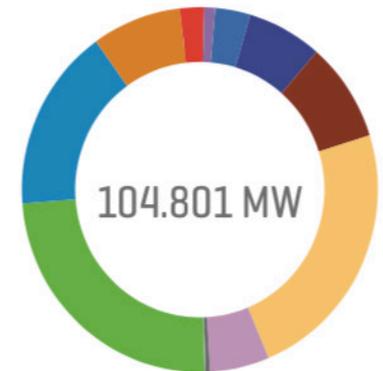
Para asegurar que la producción responda a la demanda en esas puntas más o menos imprevistas, se dispone de un entramado de sistemas adicionales de producción que puedan

Figura 10.9. Potencia eléctrica instalada en España (2019).

Fuente: Avance del sistema eléctrico Español .2019. REE (<https://www.ree.es/es/datos/publicaciones>).

Potencia eléctrica instalada peninsular a 31 de diciembre del 2019

■ Nuclear	6,8 %	■ Eólica	24,1 %
■ Carbón	8,8 %	■ Hidráulica	16,3 %
■ Ciclo combinado	23,4 %	■ Solar fotovoltaica	8,2 %
■ Cogeneración	5,5 %	■ Solar térmica	2,2 %
■ Residuos no renovables	0,4 %	■ Otras renovables	1,0 %
■ Turbinación bombeo	3,2 %	■ Residuos renovables	0,1 %



responder de forma rápida: centrales térmicas o hidroeléctricas. En el caso de las renovables eólicas o fotovoltaica, la posible descoordinación en tiempo real de la demanda con la producción -si por ejemplo se produce en horario nocturno-, supone un factor de incertidumbre importante^[3]. Si además se tiene en cuenta que no todas las instalaciones productoras pueden funcionar al unísono, debido a necesidades de mantenimiento o reparación, se entiende que la potencia eléctrica instalada de un país deba ser superior a la de consumo real, de forma que disponga de margen

para responder a esa demanda punta incluso en momentos poco esperados.

La seguridad en el suministro requiere una potencia instalada redundante al ser necesarias como reserva, para ser activadas tan sólo unas pocas horas al año, y por ello cara (bajo rendimiento).

En España, la potencia instalada en 2019 era de casi 105.000 MW (Figura 10.9) mientras que la demanda punta, que se produjo el 10 de Enero (20 a 21h) requirió 40.136 MW de potencia. Tan sólo se llegó a utilizar un 38% de la potencia disponible.

10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

Desde que se extrae una energía primaria hasta que se convierte en una energía final o vector energético para el consumo directo del usuario, se establece lo que se denomina *cadena energética*. Todo el proceso de localización, extracción, transporte, transformación (refino o compresión), almacenaje y distribución implica pérdidas energéticas y costes, que determinan al final la viabilidad socio-económica de cada una.

La *Tasa de Retorno Energético* (TRE) es la relación entre la energía generada por un proceso y la energía invertida en llevar a cabo este mismo proceso^[4]. En términos más gráficos sería la relación entre la energía útil obtenible, por ejemplo de un barril de petróleo, y la energía invertida para extraer y transportar ese barril hasta su puesta a disposición del usuario.

Se entiende que cualquier explotación energética que se considere rentable debería tener siempre

un TRE superior a 1. Aunque debería ser bastante superior si se van añadiendo costes adicionales como el período de vida de una instalación, en el caso de centrales eólicas por ejemplo.

Aunque hay controversia en los modos de cálculo, se estima que si los primeros yacimientos de petróleo tenían un TRE de 100, actualmente estaría entre 10 y 20 en los mejores casos; mientras que la obtenida mediante *fracking* está por debajo de 5. Por el contrario, la TRE de las energías renovables ha ido en aumento y en algunos casos ya está superando la de los hidrocarburos (Figura 10.10).

Dos factores son determinantes en el proceso: *el modo de transporte y de almacenamiento*, que tienen relación directa con las propiedades físico-químicas (densidad energética, estabilidad,..) y establecen dos formas básicas de consumo final: como combustible líquido o sólido, de forma discontinua, según la demanda, o bien mediante una red de distribución continua. Estos dos modelos representan las dos formas principales de consumo final actual: los hidrocarburos y la electricidad respectivamente. Aunque veremos que también existen formas intermedias.

Figura 10.10. TRE de diferentes recursos energéticos. Fuente:(https://es.wikipedia.org/wiki/Tasa_de_retorno_energ%C3%A9tico)

Fonts	TRE Cleveland ^[2]	TRE Elliott ^[3]	TRE Hore-Lacy ^[4]	TRE (Altres)
Combustibles fòssils				
Petrolí				
• Fins a 1940	> 100			
• Fins a 1970	23	50 - 100		5 - 15 ^[5]
• Avui	8			
Carbó		2 - 7	7 - 17	
• Fins a 1950	80			
• Fins a 1970	30			
Gas natural	1 - 5		5 - 6	
Pissarra bituminosa	0,7 - 13,3			< 1
Energia nuclear				
Urani 235	5 - 100	5 - 100	10 - 60	< 1 ^[6]
Plutoni 239				
Fusió nuclear				< 1
Energies renovables				
Biomassa		3 - 5	5 - 27	
Hidroelèctrica	11,2	50 - 250	50 - 200	
Eòlica		5 - 80	20	
Geotèrmica	1,9 - 13			
Solar				
• Mitjançant col·lectors	1,6 - 1,9			
• Tèrmica	4,2			
• Fotovoltaica	1,7 - 10	3 - 9	4 - 9	7 - 20 ^[7]
Etanol				
• De canya de sucre	0,8 - 1,7			0,6 - 1,2
• De blat de moro	1,3			
• De residus de blat de moro	0,7 - 1,8			
Metanol (de fusta)	2,6			

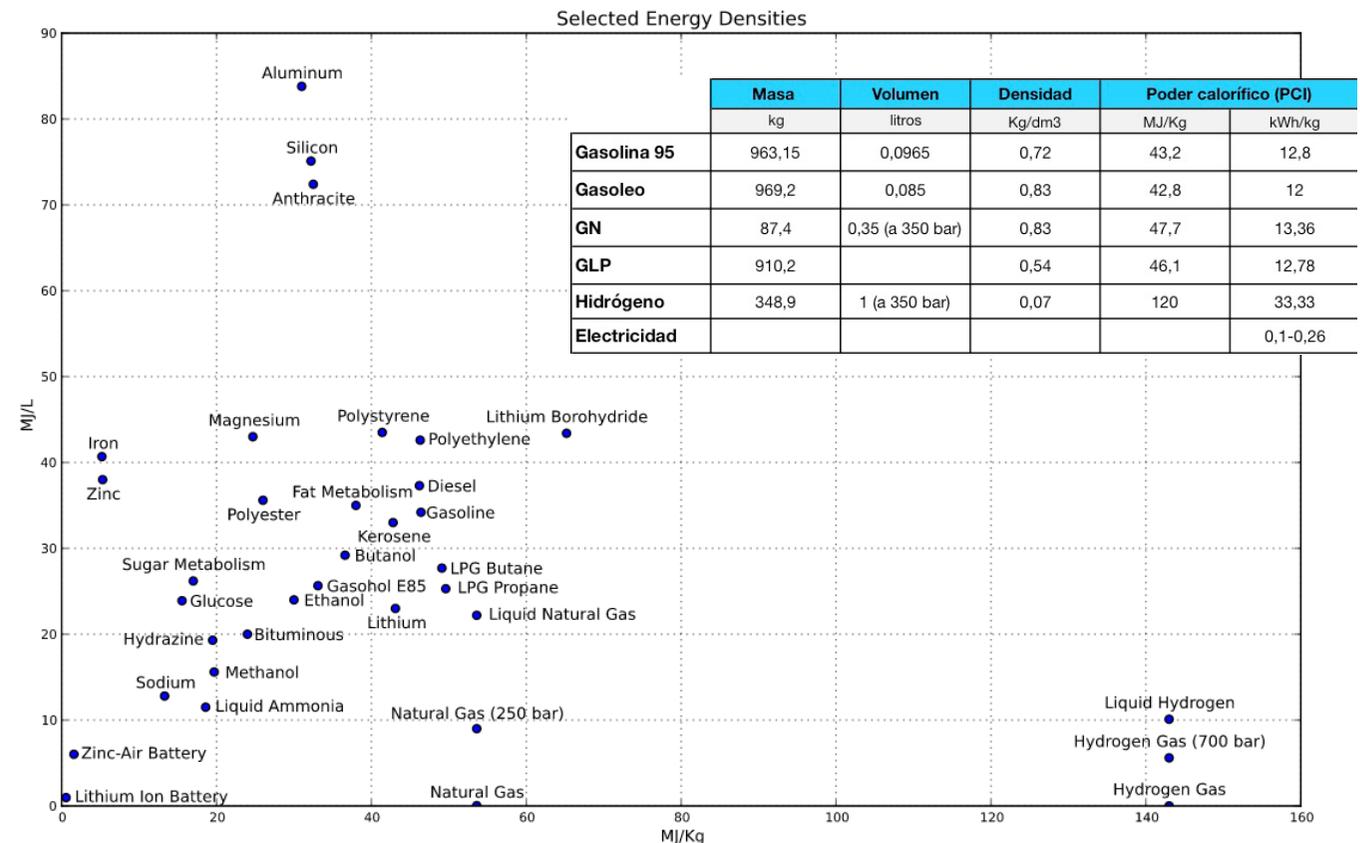
10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

Las propiedades del petróleo u otros hidrocarburos obtenidos mediante refinerías, permiten un fácil almacenamiento (a temperatura y presión atmosférica) y partición en unidades para su distribución mediante la red viaria y consumo disperso, según las necesidades de cada momento y lugar (por ello se denominan no continuas). Es decir, lo que técnicamente se denomina desacoplar la producción del consumo.

La electricidad, en cambio, debe ser generada, transportada y distribuida al momento mediante una red que conecta las centrales generadoras de energía con los puntos de distribución y consumo. La tecnología actual no permite realizar el desacoplamiento. Su gran inconveniente es el almacenamiento, pero la integración de la red eléctrica con una red distribuida de almacenaje mediante *minicentrales hidráulicas reversibles* [1] o la generación local de hidrógeno, podría ser una buena parte de la solución al problema.

El gas vendría a ser un combustible intermedio, con propiedades de hidrocarburo licuado en bombonas a presión, pero también en estado gaseoso, distribuido por red pero utilizado al gusto del consumidor.

Figura 10.11: Propiedades y equivalencias entre vectores energéticos
Fuente: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energy_density.svg y elaboración propia.



Nota: El PCI (Poder Calorífico Inferior) se define como el calor tras la combustión de 1 kg de combustible a la presión de 1 bar, suponiendo que el agua generada en el proceso se encuentra en forma de vapor

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

La *densidad energética*, que es la cantidad de energía acumulada en un vector energético por unidad de volumen, o el *Poder calorífico* (energía por unidad de masa), determina y condiciona la rentabilidad financiera de cualquier vector energético en su PVP.

El gasto energético de la transformación, pero sobre todo de transporte y almacenamiento es función directa de la masa y el volumen: la densidad energética resulta una característica fundamental. Los vectores de mayor densidad (mayor TER) aportan la mayor rentabilidad al permitir mayor cantidad de energía por unidad distribuida.

Además, su almacenamiento requiere menos espacio a igualdad de energía almacenada, lo cual también facilita una mayor adaptación a la variación de la demanda local.

Como norma general, cuanto más liviano es el vector energético, mayores son los costes de almacenamiento y distribución al requerir mayor energía y espacio para convertirlo en un recurso manejable.

Si comparamos estos procesos en los vectores energéticos principales podrán observarse las diferencias en la [Figura 10.11](#). Debe destacarse la bajísima densidad de las baterías de

almacenamiento de electricidad, y del hidrógeno, aunque este último con una densidad energética muy superior.

Merece la pena detenerse a analizar algunos de ellos para observar las diferencias:

- **El petróleo** parte con una ventaja fundamental. La naturaleza hizo por nosotros todo el esfuerzo de condensación de energía durante centenares de miles de años. Los costes de usabilidad consisten básicamente en localizarlo, extraerlo, transportarlo, refinarlo y distribuirlo.

Su densidad energética es tan alta que compensa claramente esos costes de localización, extracción y transformación, motivo por el cual la industria de los hidrocarburos se ha convertido en una de las más potentes del mundo.

Tampoco ha sido obligada a asumir al menos parte de los costes de la contaminación generada al quemar los combustibles, excepto en casos puntuales de accidente ambiental por mala praxis^[9]; ni tampoco a contribuir de forma directa en el desarrollo de la red viaria ya que constituye su red de distribución a la vez que la de movilidad del sistema que alimenta.

Figura 10.12. Obtención y distribución.



La naturaleza generó un recurso especial, con un alto contenido energético por unidad de volumen, además de su estabilidad y versatilidad como producto líquido estable en condiciones de temperatura y presión atmosférica terráneas. Ello permite un transporte de forma más o menos eficiente y barata. Su naturaleza líquida relativamente estable le permite un almacenamiento sencillo, y fácilmente divisible en cualquier tipo de volumen, en especial para las necesidades de capacidad de los vehículos motorizados de todo tipo: desde micro vehículos, a enormes buques, proporcionando un grado de autonomía muy elevado y de accesibilidad para el propio combustible.

Esa versatilidad lo ha convertido en un vector energético principal de la movilidad, terrestre, marítima o aérea.

Se estima que del pozo al depósito (antes de ser consumido), su eficiencia energética estaría sobre el 83% (Figura 10.13) aunque después la del vehículo con motor de combustión resulta muy deficiente: 15%.

Las dificultades de obtención en origen, cada vez a mayor profundidad o en yacimientos de bajo rendimiento (*Fracking*) está reduciendo

progresivamente su TRE. De hecho, se podría decir que la tendencia decreciente en la TRE del petróleo marca que el final de las prospecciones petrolíferas no se producirá en el momento en que las reservas vayan desapareciendo, sino mucho antes: cuando el coste energético de la extracción de las reservas sea igual a su potencial energético, al menos por lo que se refiere a su uso como combustible. Y todavía a mayor velocidad cuando los recursos energéticos provenientes de renovables igualen dicha Tasa de retorno, por no hablar del gran problema añadido de contaminación (Global y Local) y los conflictos bélicos generados por su causa.

- **La electricidad**, a pesar de ser la energía final definitiva para las motorizaciones de las próximas décadas, su obtención y gestión presenta algunos problemas que no pueden ser obviados:

1. Los *efectos contaminantes* derivados de su generación actual en el caso de recursos no renovables: (1) mediante energía nuclear cuyos residuos tienen un tratamiento complicado y casi imperecedero (2) importantes emisiones de CO₂ si proviene de centrales térmicas.
2. *Baja capacidad de captación energética* lo cual



10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

requiere altas extensiones de terreno y costes iniciales de instalación y mantenimiento: paneles solares, aerogeneradores, en relación a la potencia que pueden conseguir. Esa ocupación del territorio genera numerosas controversias debido a su impacto paisajístico y ecológico.

3. *Perdidas energéticas* en transporte a largas distancias mediante redes de alta tensión. Tanto mayores cuanto mayor es la tensión y distancia de transporte.
4. *Escasa capacidad de almacenamiento* (densidad energética de las baterías) ante excedentes de generación: Dicho vector energético no puede ser almacenada en grandes cantidades y debe ser transportada distribuida de forma inmediata mediante las redes de alta tensión.
5. *Limitaciones de recursos naturales* en los materiales raros necesarios para construir las baterías que conformarían el futuro parque de vehículos (que representan 1/3 parte del peso total del vehículo y duplicaría la demanda de energía eléctrica actual).
6. *Problemas de suministro simultáneo a vehículos*, ya que la potencia requerida en el caso de varias cargas rápidas o medias

Figura 10.13: Itinerario energético comparado entre hidrocarburos y electricidad.



En todo este proceso, el itinerario energético presenta versiones diferentes de eficiencia según provenga de una energía primaria u una renovable.

Pero en todos ellos, las pérdidas por calor por generación (centrales térmicas) del transporte y transferencia de la red eléctrica de alta tensión, supone ineficiencias importantes hasta el momento, cuando provienen de sistemas concentrados de generación (nuclear, aerogeneradores...) y que luego deben ser transportados a larga distancia (alta tensión).

Se estima que con generadores térmicos la eficiencia tan sólo es del 30%, aunque después la del vehículo eléctrico sea mucho mayor.

Si proviene de una fuente renovable su eficiencia resulta algo mejor; todavía más si esta se genera en proximidad. La mejora sustancial se puede producir cuando la distancias entre la producción y el consumo se acortan.

- **El gas natural descomprimido** a la salida de pozo no es utilizable directamente en las aplicaciones humanas, sino que debe ser licuado a una milésima parte de su volumen normal, en un proceso de concentración que consume una parte significativa de la energía que contiene, para poder ser transportado y utilizado eficientemente.

Su utilización como combustible no resulta tan versátil, aunque si presenta ventajas también de

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

transporte por tuberías a larga distancia, facilitando un transporte en masa, y realizando después una distribución más local. Su menor impacto ambiental en emisiones locales (partículas) hace que se plantee hoy como un combustible de transición en el proceso de descarbonización, dado que además, parecen existir muchas más reservas que de petróleo. Sin embargo, esta por ver si resulta viable incluso seguir quemando gas, dado los efectos que se muestran en el avance del cambio climático.

Una parte importante de las pérdidas energéticas se produce en su compresión o licuefacción. Pero no deben olvidarse sus capacidades de almacenamiento.

- El **hidrógeno**, no es un recurso energético, sino que debe ser producido a partir de otras fuentes de energía. Como la electricidad, no se encuentra libre en la naturaleza, pero su estructura química le permite ser el elemento más abundante de esta, y se encuentra combinada con muchas otras, entre ellos algunos hidrocarburos como el Metano (CH_4), que actualmente constituye una de las fuentes más habituales para su obtención a escala industrial.

Figura 10.14. Red de gasoductos en España.
Fuente: www.sedigas.es



Es un elemento muy ligero, lo que supone que la energía que almacena por unidad de masa es muy elevada, mientras que la almacenada por unidad de volumen es muy baja. Ello representa un problema, especialmente en aplicaciones de transporte y de tipo portátil. No obstante, ya existe toda una tecnología desarrollada, aunque poco implantada, de puntos de subministro (Hidrolinerías), incluso para vehículos de automoción personal, pero prácticamente sin implantación física en el territorio Español ni en la mayoría de países.

A pesar del miedo socialmente divulgado de sus peligrosidad en su manipulación, su ligereza lo hace especialmente seguro en espacios abiertos al alejarse muy rápidamente hacia arriba en zonas de incendio. Además, su régimen de uso habitual está muy lejos de las condiciones de concentración, presión y temperatura necesarias para entrar en régimen detonante [5].

Se utiliza de forma habitual en la industria, por ejemplo la aeroespacial. Pero su otra gran atractivo reside en la *pila de combustible*: mediante una reacción química libera electricidad y agua (como residuo), convirtiéndolo en un combustible limpio de emisiones locales como mínimo. Junto a ello, su gran ventaja es la posibilidad de

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

convertirse en un **combustible almacenable**, que puede obtenerse de varias energías primarias, entre ellas las de origen renovable.

Pero sobre todo, la posibilidad de una **producción completamente descentralizada** a partir de energías renovables de proximidad (allí donde se produce), puede suponer un cambio de paradigma en el modelo energético como razona Jeremy Rifkin [1].

La transformación de la electricidad (excedente o no) en un combustible como el hidrógeno puede permitir superar esa barrera de la densidad energética que presenta la electricidad, y paliar los problemas de almacenamiento, dándole, como poco, la versatilidad del gas. A pesar de los problemas de estabilidad u otros que todavía existen, se está investigando mucho en ese sentido, ya que la capacidad de almacenamiento del hidrógeno puede solucionar varios problemas de golpe, en especial si se puede producir cerca de donde se vaya a consumir finalmente.

Sin embargo está en entredicho actualmente tanto la TRE de producción del hidrógeno, como de la contaminación generada actualmente en el

Figura 10.15: El hidrógeno como combustible. La Vanguardia. Junio de 2019 y Vehículo pesado con motorización de pila de hidrógeno.



Un operario inyecta hidrógeno a un vehículo Toyota en una estación de servicio adaptada, en Japón

El hidrógeno pide paso como nuevo vector energético en España



proceso de fabricación, debido a que la mayor parte proviene del uso de Metano (CH_4) [2], por su menor precio. Pero en cambio, libera en el proceso una importante cantidad de CO a la atmósfera. La opción más limpia de obtención mediante Hidrólisis (a partir de electricidad y agua) podría considerarse también sin apenas emisiones, si la energía eléctrica utilizada en su producción, proviniese de energías renovables de proximidad, así como el agua necesaria.

El rendimiento en la obtención del hidrógeno mediante hidrólisis también es una barrera, y todavía su precio se encuentra muy por encima del obtenido mediante hidrocarburos, y evidentemente de la electricidad directa. Pero tratándose de fuentes renovables, estos costes tenderán a ser marginales con el tiempo.

Tampoco no debe olvidarse que la necesidad de materiales nobles y escasos como el platino en el proceso de hidrólisis, también los convierte en un recurso limitante. Sin embargo, numerosos procesos de investigación auguran avances interesantes en poco tiempo.

Los costes de producción de las electricidad a

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.2 Las cadenas energéticas y su eficiencia

partir de energías renovables se van reduciendo progresivamente (Figura 10.12) así como su eficiencia.

Las Centrales Compactas de Hidrógeno (CCH), además de generar hidrógeno, pueden desarrollar la función de almacén e incluso de pila, constituyendo de este modo una alternativa muy efectiva en la autosuficiencia local y, la descentralización energética [6].

La conversión en un combustible le proporcionaría ventajas similares a los hidrocarburos en cuanto a almacenamiento y distribución, pero al ser de generación local, serían casi mínimas las pérdidas por transporte y distribución. Además, su combustión y conversión de nuevo en electricidad, mediante una pila ya para el consumo final, se realiza con bajas temperaturas y, por ello, con una alta eficiencia.

Sin perder de vista tampoco el factor limitante que también puede ser el agua en determinados lugares, el binomio electricidad-hidrógeno puede llegar a cubrir las necesidades requeridas como energía asequible, muy poco contaminante, almacenable y con capacidad de distribución descentralizada o concentrada a la vez, lo cual resolvería al mismo

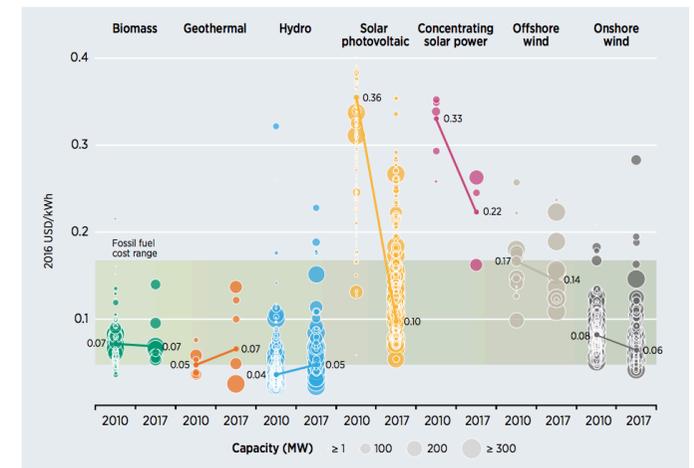
tiempo los problemas de seguridad energética pero también de dependencia energética, incluyendo a la individual (ver Capítulo 10.4).

En definitiva, puede observarse que cada recurso tiene sus pros y contras, que dependen básicamente de sus características físico-químicas y de las necesidades que requiere cada una de las actividades humanas en su uso, lo que determina su mayor efectividad.

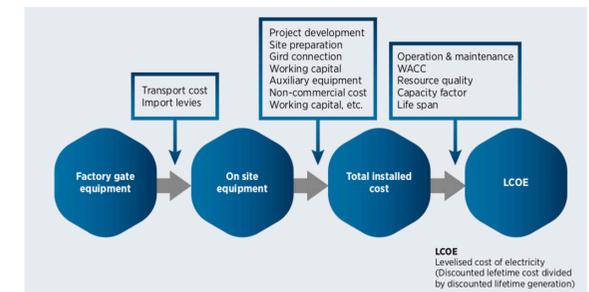
A pesar de los inconvenientes que presentan las energías renovables, sus ventajas ponen de manifiesto su ineludible consolidación, sobre todo si además pueden ir asociadas al hidrógeno, al cumplir de este modo las ventajas que hasta ahora han tenido los hidrocarburos.

A su vez, *las desventajas de las energías no renovables justifican su desaparición*, aunque sea planteado en un plazo de transformación viable para nuestros sistemas económicos y ante todo, para nuestra salud y nuestra estabilidad social.

Figura 10.16: Costo global nivelado de electricidad a partir de tecnologías de generación de energía renovable 2010-2017 Fuente: Renewable Power generation Costs in 2017. IRENA Renewable Cost Database



Nota: El diámetro del círculo representa el tamaño del proyecto, con su centro el valor del costo de cada proyecto en el eje Y. La banda representa el rango de costos de generación de energía a base de combustibles fósiles.



10.3 Políticas energéticas y movilidad

El Instituto Español de la Energía¹¹ señala los tres aspectos clave que están orientando las políticas actuales y futuras de algunos de los países desarrollados.

Independientemente de sus recursos energéticos de partida, se observa que Alemania, Reino Unido, Francia, o USA plantean de los mismos ejes estratégicos que determinan las políticas energéticas de estos países:

1. *Política climática o de transición a la descarbonización;*
2. *Seguridad energética;*
3. *Competitividad y el mercado,*
4. *Eficiencia y ahorro energético,* que tendría un carácter transversal con las anteriores.

Todas están relacionadas, aunque a menudo tratan por separado, dado que el proceso de transformación afectaría a la seguridad energética y provisionalmente a la competitividad, si no se planifica e implementa de forma rigurosa.

El grado de incertidumbre de la transición no

será reducido y largo el tiempo requerido, pero lo que se puede estar seguro es de una cosa: no realizarlo dejará a cualquier país en un estado de indefensión, fragilidad y baja competitividad en el panorama internacional, durante las décadas siguientes

Políticas de descarbonización.

Las políticas de descarbonización de los respectivos países son los procesos de reducción progresiva de los vectores principales del Mix energético del *Régimen ordinario* (ver aptdo. 10.1.c), que suelen estar basados en el carbono o fuentes radioactivas, para ser sustituidos por energías renovables o de muy bajo impacto ambiental.

Ello pone en peligro sin embargo la seguridad energética, ya que la disponibilidad permanente de energía, que se ha convertido en una exigencia social incuestionable, como también lo es el acceso a agua corriente potable en países desarrollados.

A pesar de la fragilidad en que se sustenta la producción de petróleo, la sustitución por energías renovables todavía presenta a ojos vista dudas de su capacidad de respuesta en ese sentido. Su



producción depende de las condiciones climáticas, motivo por el cual la potencia instalada para garantizar ese flujo mínimo y constante del régimen ordinario debe ser mucho mayor y diversificada en tipologías (fotovoltaica, eólica..) para asegurar ese mínimo imprescindible.

Ello también implica la creación de un sistema mucho más interconectado y capilar (distribuido) de fuentes de producción que proporcione en casi cualquier circunstancia la seguridad energética que ya está exigiendo cualquier sociedad desarrollada.

Seguridad energética.

Vivimos en un mundo con unas redes de transporte que permiten un abastecimiento casi diario de productos desde cualquier lugar del planeta, pero no somos conscientes de la fragilidad de la mayoría de estas redes ante cualquier conflicto, sea internacional o interno. Casos reales muestran el caos social que se produce ante posibles situaciones de falta de suministro en la energía.

En el ámbito de la movilidad, y en especial la relacionada con la automoción privada, la poderosa industria del petróleo ha sabido tejer con los años una red aparentemente estable de

Figura 10.17. Fragilidad de la seguridad de los recursos petrolíferos.

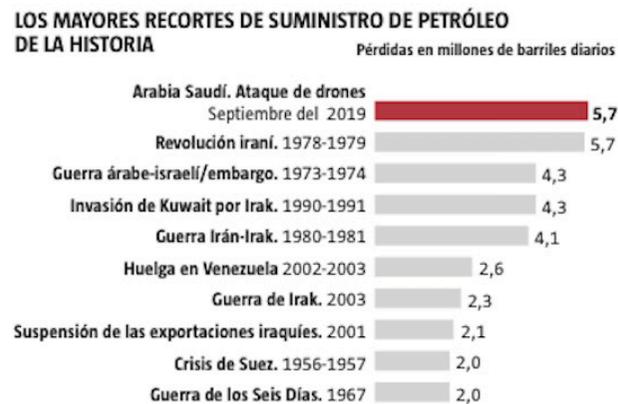
Fuente: La vanguardia. 17 Sept 2019.



Cursos largos, en la bolsa de Riad, la capital saudí, ayer

El petróleo se dispara tras el mayor recorte de suministro de la historia

El ataque con drones a Arabia Saudí reduce a la mitad la producción de Riad



subministro, que llega a todos los rincones del planeta, con un coste asequible a la población; coste que, dicho sea de paso, apenas internaliza directamente los costes de la infraestructura que le permite distribuirlo, mientras otras han tenido que construir su propia red: agua, gas o electricidad. Ni tampoco internaliza las consecuencias de su uso: accidentalidad o contaminación.

Las fluctuaciones del precio del petróleo ante casi cualquier conflicto internacional, a menudo relacionado además con objetivos inconfesables de control de estos recursos, pone de manifiesto la fragilidad del sistema, no sólo ya de subministro, sino la inestabilidad social ante el temor de perder toda capacidad de desplazamiento personal o incluso social en un caso extremo.

Estas fluctuaciones además siempre suelen ser rápidas y al alza, siendo por consiguiente los usuarios los que acusan sus efectos; no los estados, que encima incrementan sus ingresos gracias a cobrar un porcentaje fijo en impuestos.

Tal es la percepción de la dependencia del petróleo, que seguramente muchos gobiernos consideran que no deben dar explicación alguna sobre los “acuerdos” con otros países mientras

quede garantizado el suministro (la seguridad energética); y que la gente en el fondo no desea asumir respuestas incómodas sobre el origen o los costes reales de dichas energías, mientras sus necesidades cotidianas se vean cubiertas y su coste sea moderadamente asequible.

Esta seguridad, sin embargo se está demostrando cada vez más frágil, tanto por la variabilidad del precio como del posible suministro.

Si además se suman los daños ecológicos de algunos accidentes de buques petrolíferos, o su gran efecto global: la contribución al cambio climático, queda claro que ya está cambiando la conciencia social, a pesar incluso de la resistencia que oponen determinadas sectores.

Competitividad y el mercado

Todavía no constituye un aspecto de discusión pública, pero el modelo energético y la responsabilidad social sobre el mismo formará parte de la agenda política y de la exigencia social de muchos ciudadanos. Nadie discutirá que romper esa dependencia como país, y sobre todo tender hacia un modelo energético sin emisiones, está siendo cada vez más asumido y aceptado por

una inmensa mayoría de los ciudadanos, aunque no así de los gobernantes que dirigen los países. Esta resistencia al cambio no se entiende sin la intervención de intereses particulares, e incluso de los propios estados por mantener los ingresos asociados a las estructuras imperantes; pero también por mantener el control político sobre la población, al margen de las necesidades de los ciudadanos [7].

La discusión y el reto se centrará en los próximos años en la capacidad técnica y legislativa de descentralizar el modelo territorial, y la posibilidad efectiva de tender hacia un sistema colaborativo que de cabida a la autosuficiencia local e incluso individual (atomizada).

La transparencia y capacidad de intervención social sobre el modelo energético deberá generar implicación colectiva, pero también individual en el consumo, como en el ahorro energético.

Todo este proceso es otro de los avances que las sociedades en democracia van a tener que afrontar en las próximas décadas. Las denominadas *smart-grids*^[K] serán una herramienta clave para redefinir la robustez y eficacia de la nueva red.

Figura 10.18: Sistemas colectivos de auto-generación de energía (Alemania) e ideas para recarga de vehículos

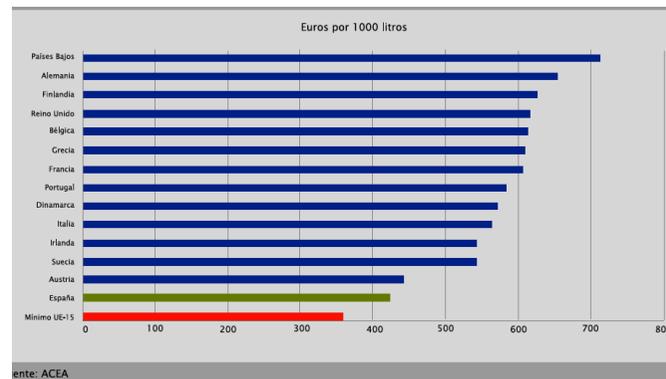
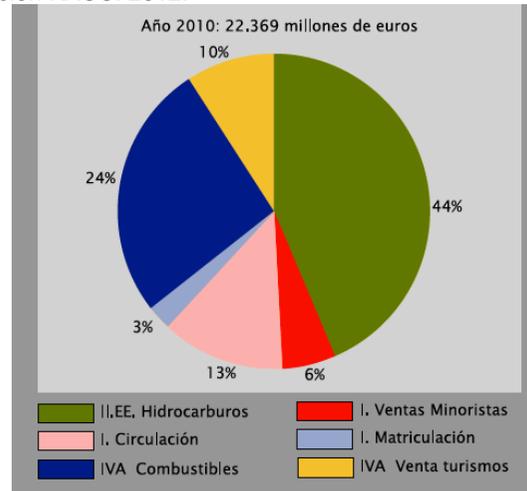


Dicotomía social ante la descarbonización

La dependencia de la energía petrolífera afecta no sólo al confort individual, sino también a la estabilidad económica de cualquier país. Cuanto mayor sea la capacidad de planificación, mejor se resolverá la transición para todas las partes afectadas. Pero excepto en casos de extrema necesidad, la sociedad no está dispuesta a renunciar a determinadas comodidades conseguidas. Aunque se incrementa la eficiencia relativa de nuestro entorno tecnológico, cada día incorporamos más aparatos a nuestra vida, con un mayor consumo acumulado por habitante, que debe ser necesariamente barata para que no sucedan crisis económicas o revueltas sociales.

En aquellos países con un alto grado de dependencia de los hidrocarburos y energética en general, se establecerá una contradicción social de fondo dado que a pesar de comprender la urgente necesidad de una transición por motivos ambientales y del cambio climático, la seguridad energética, los costes individuales o cambio de hábitos generará una cierta resistencia al mismo, en especial si no existe una información y claridad del proceso de cambio que consiguen involucrar a la mayoría de los ciudadanos. El egoísmo humano

Figura 10.19: Distribución de los ingresos de impuestos del petróleo 2010. Impuesto sobre la gasolina 95 y gasóleo de países UE-15 (2011).
Fuente: Propuesta de reforma de la fiscalidad del automóvil. Fundación RACC. 2012.



también debe ser tenido en consideración en el proceso de transición.

Nuevas necesidades

El proceso de descarbonización y de mejora en la eficiencia energética va a suponer una transformación profunda del sistema productivo energético. Los estados también están implicados en este proceso al obtener muchos recursos económicos de ellos (Figura 10.19).

Deberá realizarse una redefinición de los costes en base a criterios más finalistas que los meramente impositivo como ha ocurrido hasta ahora con los hidrocarburos.

La política energética deberá internalizar los costes de transición energética manteniendo la seguridad en todo momento, penalizar progresivamente los carbónicos y premiar la eficiencia y ahorro energético.

Pero además, debería crear un modelo la relación cooperativa que pueda integrar los sistemas centralizados de producción (de interés general) con los sistemas descentralizados (de interés local o individual), promoviendo la autosuficiencia y la capacidad de almacenaje, también centralizado o distribuido, como parte de un todo que contribuya a la seguridad y reducir la dependencia energética.

10.4 Dependencia energética y movilidad

El modelo energético debe formar parte de los debates políticos de cualquier país. La complejidad, el coste económico y temporal del cambio, pero en especial, todo lo que implica la inseguridad energética y, sobre todo, la dependencia tanto a nivel social como individual, no son temas, sin embargo, que guste tratar de forma abierta a los gobiernos. Más aún cuando por en medio puede haber acuerdos internos o internacionales poco confesables.

La seguridad energética, como principio irrenunciable de cualquier país frente a sus ciudadanos, genera un alto grado de dependencia para cualquier estado y sus sucesivos gobiernos de los países suministradores. Además, las implicaciones sobre la estabilidad económica nacional, familiar o individual, convierte a la energía en un bien de primera necesidad, pero también de muy alta sensibilidad ante posibles cambios, por

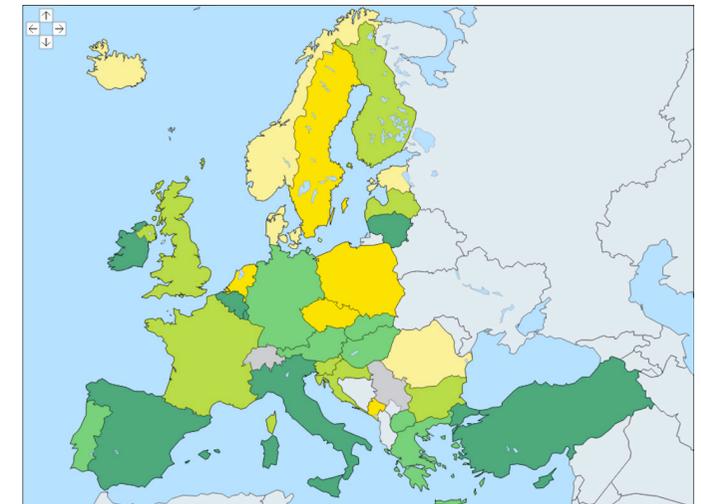
muy necesarios que sean. Esa dependencia se convierte en intensa en espacios urbanos para familias o personas que viven en entornos urbanos de baja densidad. Pero también puede decirse que, de momento, la dependencia de los derivados del carbono sigue siendo mayoritaria en cuanto al transporte si incluimos todas las actividades que precisa la sociedad: transporte internacional terrestres, marítimo o aéreo de mercancías.

La dependencia de los países

En todos aquellos países sin recursos petrolíferos propios -España es uno de ellos- los sucesos de política exterior y permanentes conflictos bélicos de los países productores ponen de manifiesto el grado de dependencia de ese recurso energético. También se manifiesta en la ausencia de libertad en muchas ocasiones para posicionarse en contra de determinadas situaciones de política exterior que resultan inaceptables en países democráticos, por miedo a perder esa seguridad energética.

Pero aunque no se corte el suministro por un conflicto, la fluctuación de los precios también tienen una incidencia significativa, por ejemplo, en

Figura 10.20: % de dependencia energética de países de la UE.



Los datos para 2014		
Leyenda		Casos
	-569,6 a 24,5	7
	24,5 a 33,8	7
	33,8 a 48,8	7
	48,8 a 71,6	7
	71,6 a 97,7	9
	Información no disponible	1

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.4 Dependencia energética y movilidad

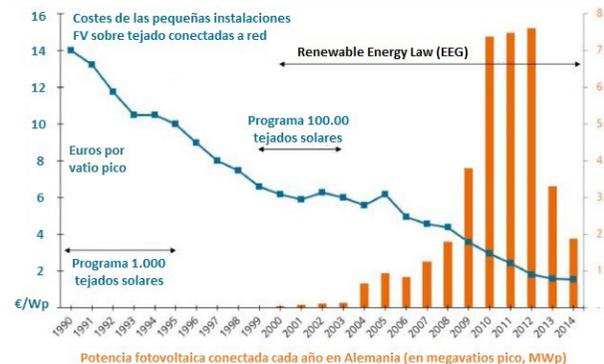
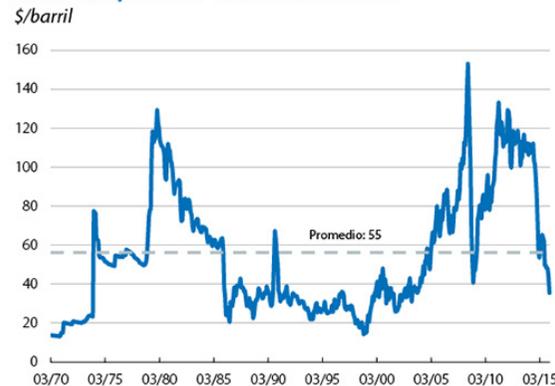
un país como España donde el 95% de sus mercancías se distribuyen por carretera, y muchas de las cuales son de escaso margen de beneficios y venta a peso: productos agrícolas. La competitividad en la exportación se ve constantemente desestabilizada por cualquier fluctuación en el precio del combustible, que normalmente se manifiesta al alza.

Resulta complicado establecer si el *mix energético* de producción (Cap. 10.1.d) condiciona la demanda de la población o es a la inversa. Pero se puede asegurar que una actitud activa y enérgica de la demanda por parte de los usuarios podría condicionar la oferta, como por ejemplo sucede en Alemania desde que se inició un proceso de promoción de generación distribuida [8]. En ese sentido, los ciudadanos organizados y activos pueden tener mayor capacidad de decisión de lo que a menudo se creen, cuando se establecen los incentivos adecuados.

Y si bien el sector de la automoción individual (particular o de empresa) ya está produciendo ese cambio hacia la motorización eléctrica, lo cierto es que todavía se está muy lejos de poder hablar de una transformación global, por cuanto los sectores

Figura 10.21: Fluctuación de los precios del petróleo
Figura 10.22: Evolución de instalaciones de potencia menor a diez kilovatios, 10 kW en Alemania. Fuente: ¿Cómo está regulado el autoconsumo en Alemania? [1]

Precio del petróleo en términos reales *



industriales o comerciales del transporte de personas y mercancías (marítimo i aviación) todavía debe iniciar de verdad dicha transformación, dado que estos necesitan de sistemas de abastecimiento masivo de combustible, que supone el 30% del consumo de energía del transporte.

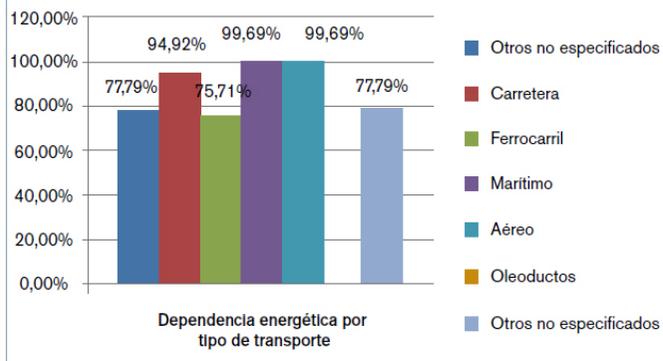
Los cambios necesarios implican modificaciones tecnológicas, de organización y de infraestructura que se encuentran todavía en fase experimental. Sin embargo, la auto-generación de energía a escala individual o comunitaria se está desarrollando ya en Europa una vez se han establecido los mecanismos legales para la lógica posibilidad de participación e intervención de la población en el sistema energético de generación y distribución, antes controlado por unas pocas empresas. Este grado de concienciación está suponiendo también una rotura del marco mental hacia una democratización de la energía que parecía inmodificable hasta hace pocos años.

De hecho, el sector de la movilidad en España difícilmente podría garantizar ahora mismo la energía eléctrica necesaria en caso de una transformación drástica del parque de vehículos. Incluso suponiendo que un 30% de dicho parque estuviera

Figura 10.23: Dependencia energética de recursos petrolíferos del transporte en España.2016

Fuente: La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. 2016 (ver ref. bibliográficas)

2009-2013 (ktep)	Total consumida 2009-2013 (ktep)	Total importada 2009-2013 (ktep)	Dependencia energética media 2009-2013 (%)
TRANSPORTES	175.688	167.526	95,35%
Carretera	138.938	161.882	94,92%
Ferrocarril	482	363	75,85%
Marítimo	4.355	4.342	99,69%
Aéreo	5.144	5.128	99,69%
Oleoductos	0	0	-----
Otros no especificado	460	356	77,46%



realizando una recarga lenta, la demanda de energía en hora valle se duplicaría o triplicaría respecto a la demanda actual^[m]. Tampoco el sistema no está suficientemente desarrollado en muchos aspectos. Tan sólo un desarrollo del modelo descentralizado al estilo alemán permitirá responder a esa velocidad de implantación que se precisa, al atacar desde todos los frentes.

La transformación no será inmediata aunque sea urgente, y en la práctica, puede planificarse si existe voluntad política bajo un consenso general de un proceso de transformación ordenado que garantice la seguridad e independencia energética estatal, pero que a su vez permita la individual. Parece lógico pensar que sólo descentralizando la producción, integrando la auto-generación, podrá alcanzarse tanto en términos técnicos como económicos un desarrollo acelerado que beneficie a todos y, sobre todo, que sea posible con los plazos disponibles.

- *Dependencia tecnológica*

La energía no es el único aspecto potencialmente limitante de un país. También los sistemas tecnológicos asociados a la creación de esas energías o su gestión. En ese sentido, la cesión no planificada del desarrollo tecnológico de las

baterías de los vehículos a unos pocos países ^[n], plantea una previsible situación de dependencia del modelo de movilidad de terceros países, que no conviene de ninguna de las maneras.

La búsqueda de un combustible y una motorización sin dependencia de terceros países debiera ser un objetivo fundamental de todo país, y seguramente del planeta en general, al tratarse de uno de los factores que contribuiría a proporcionar mayor equidad entre países.

Dependencia energética personal

La dependencia energética individual en movilidad se manifiesta de tres formas: (1) por la mayor o menor necesidad de un vehículo propio; (2) por la autonomía energética personal o familiar; y (3) por la autonomía del vehículo.

- *Necesidad de propiedad*

Una encuesta reciente en Barcelona (y en diferentes ciudades Europeas)^[o], revela que el coche sigue siendo fundamental para muchos residentes o visitantes de la ciudad. La principal razón aducida es que no tienen alternativa. Tan sólo el 27% estarían dispuestos a desprenderse en caso de tenerla, y el 87% lo mantendría aunque lo usase menos.

Aunque este porcentaje se reduce en ciudades con un sistema de transporte público más eficaz, la necesidad de un vehículo de propiedad sigue formando parte del imaginario colectivo, a pesar incluso de tratarse de entornos urbanos densos, donde cada vez se dispone de mayor número de alternativas de transporte (colectivo e individual compartido) dentro de su ámbito de vida cotidiana.

En las generaciones que todavía no disponen de vehículo, la dependencia de la propiedad está cambiando, dejando de ser una necesidad. Mientras las anteriores consideraban el acceso a un vehículo la confirmación de su entrada en la edad adulta legal y acceso a autonomía personal, en la actualidad, el teléfono móvil es el instrumento que parece proporcionar esa autonomía y percepción de accesibilidad social, aunque sea virtual.

La irrupción de los servicios de vehículos de uso personal compartido (bicis, patinetes, motos, coches) y el fomento de la movilidad de proximidad mediante bicicleta o patinetes, están contribuyendo también a reducir esa tradicional dependencia de la propiedad, incluso acelerándola. Esta se verá claramente con el paso de una generación (25 años) o incluso en menos tiempo. De hecho, la industria

del automóvil ya lo está percibiendo, y se prepara para ello, mientras la comercialización de vehículos de combustión de carbono empieza a declinar.

Sin embargo, en espacios de baja densidad urbana o casi dispersa, las carencias en transporte colectivo obligan todavía a mantener la dependencia del vehículo de propiedad para actividades cotidianas, frente a la imposibilidad y riesgo de un menor acceso a oportunidades laborales o de relación^[P].

Una mayor distancia de los desplazamientos cotidianos, sin servicios de transporte público suficientes ni efectivos para la mayoría de la población incrementa todavía más la desigualdad social. El coste general (compra, impuestos, mantenimiento, etc.), es una primera barrera, aunque los precios unitarios de los vehículos se vayan reduciendo; pero sobre todo el gasto en combustible, que puede llegar a significar el coste de otro vehículo, y la pérdida de tiempo de desplazamiento cotidiano, son factores principales en la reducción de esa equidad.

- *Autonomía energética personal o familiar*

El derecho a la movilidad (como el de la educación, la sanidad o la vivienda) aunque no forma parte



de los derechos básicos de los ciudadanos^[9], en la práctica todavía no ha encontrado un modo de ser una realidad en la mayoría de países del mundo. De hecho, la brecha entre ese derecho y la realidad es todavía enorme, básicamente porque los recursos energéticos no los controlan los ciudadanos, sino los estados y determinadas corporaciones nacionales o internacionales. La dependencia de la propiedad del vehículo tan sólo la agrava.

Disponer de energía asequible para cubrir unas necesidades mínimas también debiera ser hoy un derecho fundamental. En el caso que nos atañe: la movilidad, el tipo de energía que mueve los vehículos determina también el modelo de acceso a la misma, y sus disponibilidad y coste.

En el Capítulo 10.2 se han tratado las cadenas energéticas de cada combustible, su modelo de distribución, sus fortalezas y debilidades.

La eficiencia y capacidad de distribución de la red *energética derivada del petróleo* se ha extendido durante décadas para alcanzar casi cualquier rincón el mundo. La fragilidad de esta cadena de suministro empieza ya en origen, y puede fallar en los diferentes eslabones posteriores: transporte, refinamiento, y de nuevo transporte hasta el punto



de venta. El usuario depende completamente de los diferentes intermediarios: los productores con sus decisiones y conflictos; los transportistas en sus diferentes etapas y la implicación de los propios gobiernos al intervenir en el precio final como un modo más de conseguir recursos económicos.

Tan sólo la aparición de los combustibles vegetales (Bio combustibles) ha permitido reducir algo esa cadena, pero su efecto rebote sobre la economía de otros países, también ha puesto de nuevo de manifiesto la fragilidad del sistema.

La *cadena de la electricidad* también está de momento altamente centralizado, y controlado desde redes que han extendiendo su alcance a todos los rincones. Los conductores de vehículos eléctricos dependen en ese caso de contratos de suministro que además, como en el caso de España, internaliza sobre los consumidores políticas obsoletas o erróneas, e incluso las pérdidas por fraude o del sistema en los que la factura, podría significar un porcentaje incluso superior al del propio consumo efectivo.

El usuario tiene poca o nula capacidad de decisión sobre los costes de la energía. Y está también expuesto a los fallos del sistema, por ejemplo por

un mantenimiento deficiente fruto de una gestión fundamentalmente economicista [10].

La existencia de sistemas de auto-generación de electricidad están permitiendo por un lado reducir la dependencia personal, y por el otro crear una cadena de proximidad colaborativa mucho más eficiente, que permitiría al usuario ganar progresivamente cierta independencia de suministro.

La inseguridad energética actual en el auto-abastecimiento a partir de energías renovables es la limitación actual en la transición energética en general, y en los ahora proclamados sistemas autónomos personales, siendo el almacenaje el gran aspecto a resolver.

Finalmente, la desconexión entre los centros de producción y decisión, y las comunidades de consumo, genera una despersonalización de la gestión ante situaciones como la denominada “pobreza energética”: familias que se encuentran en escasez extrema de recursos económicos como para pagar esa energía. La proximidad permite conocimiento del entorno y una mayor relación y empatía social como para crear mecanismos de equidad y protección social con los excedentes de generación. La transformación hacia a la

motorización eléctrica también hará que dicha pobreza afecte también en términos de movilidad personal.

- *Autonomía del vehículo*

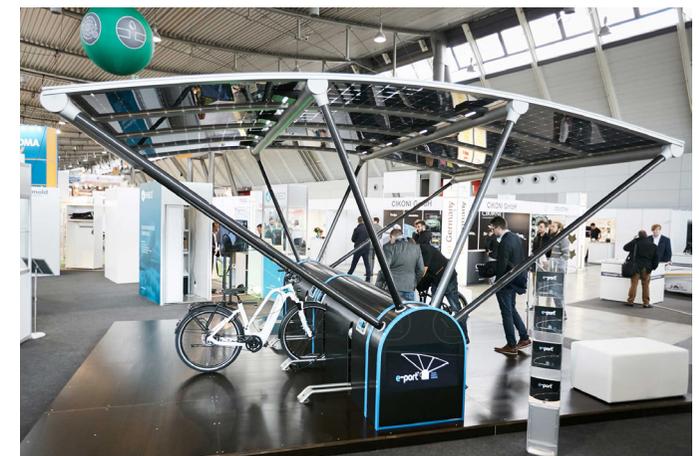
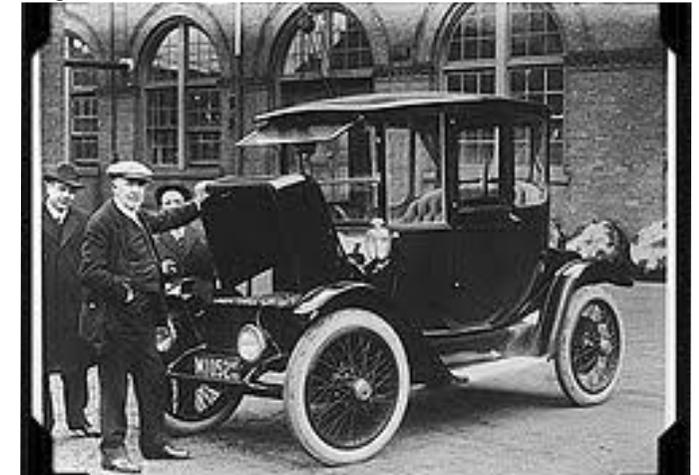
Conseguir un sistema de recarga energética de los vehículos similar en tiempo al del petróleo, será seguramente necesario, dado que la sociedad no suele aceptar nuevas soluciones que impliquen un retroceso en los hábitos cotidianos.

Ello implicaría que los puntos públicos de recarga deberán ser obligatoriamente del tipo rápido. En este caso, la potencia necesaria acumulada puede resultar inviable cuando el número de vehículos empieza a ser considerable. Ni la recarga lenta (mayor de 8 horas) ni la media (>3h) tiene mucho sentido excepto en la vivienda particular o determinados puntos de estacionamiento privado.

Cuando se comparan los tiempos de recarga rápida respecto a los de una gasolinera convencional, con el mismo nivel de servicio, se estima que cualquier *electrolinera* requeriría seguramente de 3 a 4 veces más puntos de recarga que una de petróleo (suponiendo tiempos medios de recarga de 15 min.). Frente a una gasolinera de 6 puntos de suministro, un cálculo somero permite estimar que una

Figura 10.24: Primeros vehículos eléctricos

Figura 10.25: Sistema individual de captación fotovoltaica y recarga eléctrica



electrolinera debería poder proporcionar 18 puntos y, por consiguiente, $6 \times 3 \times 240 \text{ KW} = 4.320 \text{ KW}$ de potencia en todo momento, que correspondería a la producción de un aerogenerador de grandes dimensiones o el consumo de los habitantes de una ciudad pequeña (1000 habitantes) [11].

Aunque también debe tenerse en cuenta, que muchos de los desplazamientos cotidianos podrían realizarse a partir de baterías cargadas en origen (empresa o vivienda), de modo que todos aquellos desplazamientos cotidianos inferiores a los 400 km (que puede ser la mayoría en zonas metropolitanas) no necesitará acudir a las *electrolineras* excepto en momentos o desplazamientos especiales.

El precio y la superior autonomía de los vehículos de combustión interna respecto a los de batería todavía constituye un factor decisivo en la resistencia al cambio de tecnología por parte de los usuarios.

Casi con seguridad explica en buena parte el por qué, a pesar de la aparición de los motores eléctricos y el desarrollo del vehículo eléctrico (entre 1832 y 1839 [12]), anterior a la de los vehículos de combustión interna: Diésel (Rudolf Diésel en 1893) y gasolina (Nikolas A. Otto en 1861, Daimler 1885), se impusieron finalmente estos últimos. La

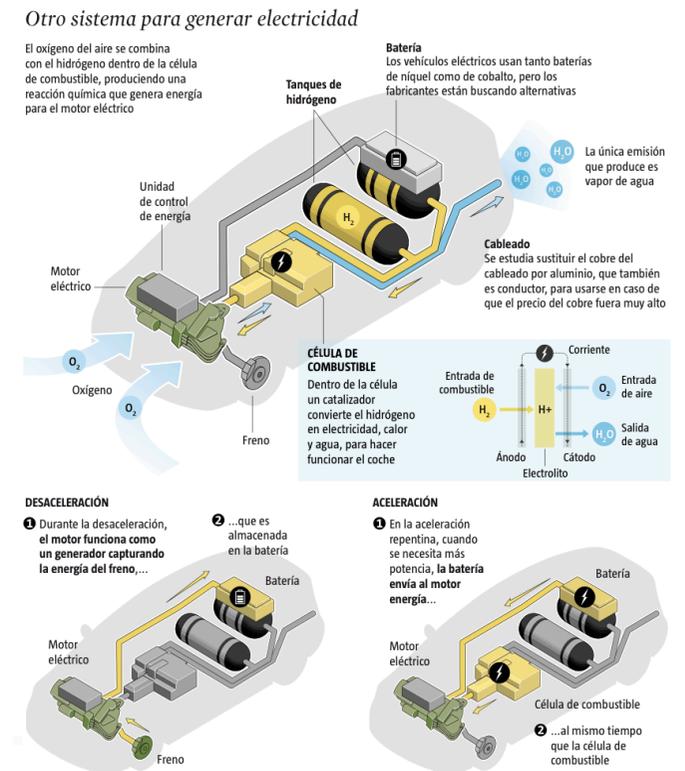
mayor accesibilidad y facilidad de la distribución energética de los hidrocarburos y del proceso de carga del combustible contribuyó seguramente a la mayor popularización de la tecnología del motor de combustión frente al eléctrico.

La red eléctrica hoy en día se extiende hasta casi cualquier lugar, tanto más que la red de distribución de combustibles. Pero además de existir todavía dificultades prácticas en el proceso de carga eléctrica, la generalización del uso de baterías también puede representar de nuevo un problema de dependencia e incluso de *inseguridad energética*, dado que la necesidad de materiales raros o poco habituales como el litio en la construcción de éstas, cuyos yacimientos se localizan actualmente en unos pocos países [13], puede suponer otro limitante y posible generador de conflictos, como ha ocurrido con el petróleo.

Atendiendo a los ventajas e inconvenientes explicados, el vector energético (combustible) adecuado para la movilidad debería reunir las ventajas de los combustibles carbónicos y los de la electricidad y evitar sus inconvenientes: *Debería ser universal y renovable, producible de forma autónoma (industrial o personal), con la*

Figura 10.26: Infografía de conceptos básicos del motor basado en Hidrógeno.

Fuente: La Vanguardia. 16 Octubre 2019.



10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.4 Dependencia energética y movilidad

menor necesidad posible de transporte, fácilmente almacenable y medio ambientalmente inocuo.

Aún cuando la energía eléctrica cumple parte de estos requisitos, el hidrógeno como combustible de una pila de hidrógeno (no térmica) cumpliría la mayoría.

En especial, el hidrógeno puede constituir la solución efectiva a la movilidad industrial, que requiere autonomías y potencias elevadas, de difícil solución mediante baterías.

El desarrollo de sistemas de generación de hidrógeno a partir de energías renovables y procesos de hidrólisis puede romper casi todas las barreras que se encuentra la batería eléctrica. Su menor eficiencia por el momento, no impide prever que aunque siga un proceso lento de expansión, se acabará generalizando como un recurso principal, dadas las ventajas que comportará para el sistema global.

No obstante resultaría recomendable promover el desarrollo simultáneo de la automoción eléctrica de batería y la de pila de hidrógeno, dado que ambas pueden proporcionar a corto y medio plazo soluciones más eficientes a problemas diferentes de automoción y que en el fondo se complementan.

Figura 10.27: Tabla de relaciones básicas de rendimiento de los diferentes vectores energéticos en el potencial usos del la automoción.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de fuentes diversas. Datos aproximados a 2019.

Relación de eficiencias en vectores energéticos en automoción						
Fuente original	Vector energético	Eficiencia energética de PRODUCCIÓN	Eficiencia energética TRANSPORTE	Eficiencia energética ALMACENAMIENTO	Eficiencia energética CONSUMO FINAL	RENDIMIENTO TOTAL
		%	%	%	%	
Petróleo (pozo)	Petróleo	80			20	16%
Petróleo (fraking)						
Gas Nat	Gas Nat	90	90	90	30	22%
GLP	GLP	58	90	90	30	14%
Hidrocarburos (b)	Electricidad	58	90	nc	75	39%
Biomasa		32		nc		22%
Nuclear		33		nc		22%
Hidráulica		100		nc		68%
Fotovoltaica		100		nc		68%
Eólico terrestre		100		nc		68%
Hidrocarb. (Metano) (b)	Hidrógeno	60	95	60	34%	
Renovables (Hidrólisis) (c)		40	95	60	23%	

(b) Combustión con ciclo combinado con Gas

(c) Consumo mediante pila de combustible (https://es.wikipedia.org/wiki/Pila_de_combustible)

https://ca.wikipedia.org/wiki/Generaci%C3%B3_d%27energia_el%C3%A8ctrica

<https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.FOSL.ZS>

10.5 Transición energética y movilidad

A lo largo de los apartados anteriores se han destilado aquellos aspectos clave que definen las redes de los diferentes fuentes energéticas principales, focalizándolo en España como ejemplo paradigmático de alta dependencia de otros países de los hidrocarburos, en especial por lo que respecta a la movilidad y, por consiguiente, en seguridad energética y competitividad.

Se han analizado con mayor detalle las ventajas e inconvenientes de los diferentes recursos energéticos, realizando al final una diferenciación clara entre los dos grandes grupos: renovables y No renovables (Figura 10.28), dado el papel que van a jugar en el proceso de descarbonización.

La Seguridad, la Independencia y la Competitividad son objetivos que deben regir el proceso de transición a escala nacional de cualquier país. Pero no debe olvidarse que el propio proceso es tan

Figura 10.28: Valoración cualitativa de los dos grandes grupos de vectores energéticos relacionados con movilidad
Fuente: Elaboración propia

Aspectos de valoración	ENERGÍAS NO RENOVABLES		ENERGÍAS RENOVABLES	
	Hidrocarb sólidos o líquidos.	Gas Natural	Electricidad / H2 (7)	Electricidad + almacenam. (8)
Seguridad energética (1)	★★★	★★★	★	★★
Independencia energ. (2)	★	★	★★★	★★★
Generación distribuida (3)	★	★	★★★	★★★
Sostenibilidad (4)	★	★	★★★	★★★
Competitividad (5)	★★★	★★★	★★	★★
Evolución competitividad (6)	★	★	★★	★★

★	★★	★★★
Bajo	Medio	Alto

- (1) Capacidad de satisfacer la demanda de los consumidores en todo momento (en 2020)
- (2) Capacidad para obtener esos recursos energéticos fuera del territorio de consumo
- (3) Capacidad de crear diferentes fuentes de generación energética en un mismo territorio.
- (4) Capacidad para satisfacer a largo plazo la demanda energética sin producir un impacto no asumible para el entorno.
- (5) Capacidad para satisfacer la demanda a un coste razonable
- (6) Previsión en la reducción del coste PVP
- (7) Energía eléctrica procedente de fuentes de energía renovable
- (8) Almacenamiento mediante centrales hidráulicas reversibles o generación de hidrógeno

importante como el objetivo último a alcanzar; ni tampoco se puede ignorar la dimensión social de la misma, que deberá ser inclusiva, tanto desde el punto de vista territorial, como de equidad familiar, dado que el acceso a la energía es un derecho fundamental, como lo es al agua.

En ese sentido, no se trata sólo de asegurar una mínimo que cubra las necesidades básicas (ante situaciones de *pobreza energética*^[14]), sino la posibilidad, cada vez más factible, de ser energéticamente auto-suficientes a escala local o incluso familiar.

Por otra parte, el análisis de las tecnologías de motorización y su ya incuestionable y necesaria evolución hacia aquellas de bajas emisiones, determina la búsqueda de una transición que se equipare en eficacia al sistema actual con hidrocarburos, e incluso lo mejore en esos aspectos básicos.

La electricidad como vector fundamental, generada a partir de recursos renovables, encuentra sin embargo barreras evidentes, que gracias a la colaboración con sistemas de almacenaje, y en especial el hidrógeno, parece presentar una solución viable a medio y largo plazo, a medida

que su coste de generación se vaya reduciendo progresivamente gracias a una mayor expansión de toda la cadena de generación.

Por que en realidad, la tecnología de motorización asociada al hidrógeno ya está disponible, y en su mayor parte preparada para su implantación a corto-medio plazo si existieran los incentivos suficientes. De hecho, algunos pocos países ya han realizado una apuesta decidida: Japón, Finlandia, Alemania..., mientras otros muchos, prefieren estar a la expectativa, según se dice, debido al grado de incertidumbre asociado al desconocimiento sobre la evolución de ciertas tecnologías con impacto relevante para lograr la descarbonización.

Sin embargo, determinadas certezas obligan a tomar decisiones firmes, sino se desea que sea la evolución del mercado la que decida ese grado de “incertidumbres”, que a buen seguro, en ese caso acabará por favorecer únicamente a unos pocos:

- Entre los aspectos clave que están orientando las políticas actuales, sin duda la *seguridad energética* de suministro y distribución (ver Cap. 10.3) es una condición necesaria ineludible del cualquier nuevo modelo energético, pero no suficiente. Aunque sin ella no puede existir estabilidad, los criterios



de *eficiencia, suficiencia local, competitividad y equidad social* deben ser determinantes en el modelo final.

- El solape progresivo de la demanda general de electricidad con la demanda asociada a la movilidad (eléctrica) elevará la necesidad de potencia en el *régimen básico* y podría generar puntas aleatorias muy elevadas por efecto de la recarga rápida de vehículos. Difícilmente las renovables aportarán la seguridad necesaria de producción si no se dispone de un modelo de gestión energética capaz de laminar (suavizar) la curva de demanda, proporcionando a ese régimen básico la estabilidad necesaria, pero sobre todo ,para que no se generen puntas muy acusadas. La gestión colaborativa de la red de producción y almacenamiento va a ser fundamental.

- La proliferación de energía a partir de fuentes renovables lleva implícito en principio una localización distribuida en el territorio (considerando ámbitos supra-municipales) que resulta muy conveniente para una red con nuevos criterios de seguridad de suministro. Pero para conseguir un desacople entre producción y demanda a partir de renovables, y una mayor

Figura 10.29: Comparación cualitativa

Fuente: Tribunal de cuentas Europeo a partir de datos de “Electrical energy storage for mitigating climate changes.

Tecnología de almacenamiento necesaria...	Baterías									
... en la red para...	Energía hidráulica por bombeo	Ion-litio	Plomo-ácido	Flujo redox	Sodio-azufre	Super-condensador	Pila de combustible de hidrógeno	Batería inercial	Aire líquido o comprimido	Almacenamiento de calor
Almacenamiento estacional Necesidad: gran capacidad de almacenamiento, descarga lenta	✓						✓			
Almacenamiento diario (cambio según el pico de la demanda) Necesidad: horas de suministro	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓
Servicios de apoyo a la red (por ejemplo, respuesta en frecuencia) Necesidad: respuesta rápida, suministro desde segundos a horas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Hogares Necesidad: pequeña escala, larga vida útil		✓	✓	✓			✓			
... en el transporte para...										
Carretera Necesidad: alta potencia, bajo peso, pequeño tamaño		✓				✓	✓			
Aviación/Navegación Necesidad: alta potencia, elevada energía por volumen						✓	✓			

eficiencia general [15], será fundamental disponer de sistemas de almacenamiento centralizados de gran capacidad, que permita cubrir en todo momento las fluctuaciones de la demanda general, por ejemplo con el uso de Centrales Hidroeléctricas

de bombeo y otros sistemas situados cerca de los lugares de consumo. La elaboración de modelos dinámicos de simulación puede ser la mejor manera de evaluar y prever los diferentes escenarios posibles y su evolución en el tiempo.

- La diversificación de tipologías de generación y almacenamiento, y su descentralización, será un factor fundamental para aportar seguridad pero también para controlar la competitividad del coste final de la energía, que deberá estar regido por un sistema socialmente consensuado.

Diferentes estudios analizan las tecnologías de almacenamiento actualmente disponibles, o en desarrollo^[16]. Coinciden en la conveniencia del hidrógeno (Figura 10.29), generado mediante renovables, aunque su eficiencia y coste todavía requiera mejoras significativas.

- Las consecuencias de una crisis climática podrán reducirse, o como mínimo se estará más preparado para afrontarlas (con un menor impacto social) si se toman decisiones claras ahora, ya que los resultados de dichas medidas necesitarán más de una década para empezar a visualizarse, tal como la experiencia demuestra frente a cualquier política global.

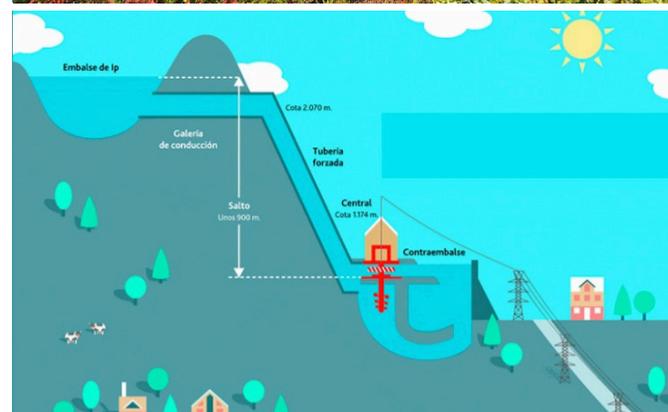
Necesidad urgente de un modelo

Todos los países que muestran un impulso firme de las energías renovables coinciden en disponer de un modelo de transición en curso, con unos

Figura 10.30: Balsa superior de una central hidroeléctrica de bombeo

Figura 10.31: Esquema de funcionamiento de una CH de bombeo.

Fuente: <https://experience.acciona.com>



objetivos y criterios claros hacia los cuales dirigirse. Las vacilaciones sólo crean incertidumbre, y al final, sin unas reglas claras, el control por parte de unos pocos.

Por otra parte, en la ecuación o sistema deberán estar las comunidades locales que vayan incorporándose a la red de producción, almacenamiento, además del consumo.

No hace falta ir lejos para ver casos de éxito como Alemania ^[17] ^[9], que con una incidencia solar muy inferior a de España, superan en generación de energía fotovoltaica y en la apertura al acceso social ^[7].

La proliferación de grandes generadores centralizados de energía renovable seguirán siendo necesarios, pero deben facilitarse las condiciones para la que rápidamente se desarrolle también la iniciativa individual local (cooperativa).

Puede concluirse a raíz de lo expuesto, que el modelo energético nacional a largo plazo presenta necesidades similares, por no decir complementarias, a las del sector de la movilidad urbana o territorial (transporte de mercancías).

Gracias al Hidrógeno, lo que para la movilidad será un combustible, para el sistema general de

energía puede constituir una opción fundamental de almacenamiento de excedentes de energías renovables e integrar una mayor cantidad de energías autóctonas y libres de CO₂.

Mientras las Centrales Hidroeléctricas de bombeo actúan ya como sistemas de almacenaje de grandes productores (centralizados), el hidrógeno también podrá ser generado de forma descentralizada mediante unidades locales menores, que cumplirían la doble función de ser puntos de distribución de combustible para el sistema de movilidad, a la vez que enclaves de almacenamiento para responder con mayor especificidad y proximidad a las puntas de demanda local de electricidad (Régimen especial) de un determinado territorio.

Un modelo de estas características puede resultar mucho más eficaz y eficiente:

- *Eficaz y eficiente técnicamente*, porque el almacenamiento como combustible evitará un incremento general de la demanda eléctrica, que se produciría si proliferase los vehículos de recarga directa a batería, que incrementaría sensiblemente la demanda actual en cada país. En ese caso se requeriría una potencia instalada todavía mayor

Figura 10.32: Campos de aplicación de diferentes sistemas de almacenamiento

Fuente: Claus per a un nou paradigma energètic. UPC. 2017

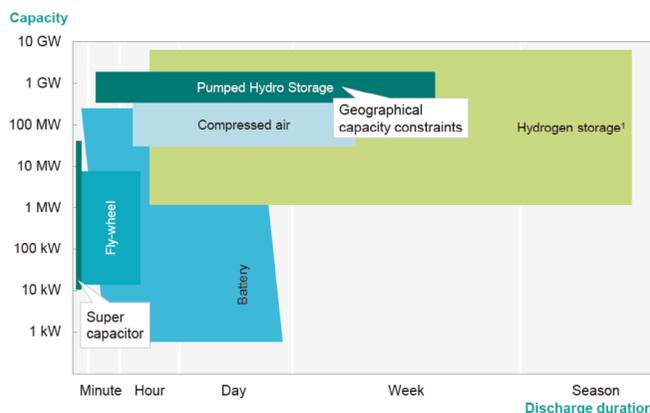


Figura 7.1 Camps d'aplicació dels diferents sistemes d'emmagatzematge d'energia en funció de la quantitat d'energia i del temps d'emmagatzematge [Hydrogen Council-2017]

de renovables y más sistemas redundantes para cubrir el *Régimen especial*.

Por otra parte, se reducen las pérdidas técnicas de distribución al encontrarse los puntos de producción almacenados más cerca del consumidor final. Seguramente las *pérdidas no técnicas* estarían mucho mejor identificadas y gestionadas al ser competencia de entornos locales de distribución. Además, el sistema de recarga con combustible sería similar al de los hidrocarburos, de modo que

podrían de este modo aprovecharse parte de la infraestructura de distribución ya existente.

- La *eficiencia económica* alcanzaría a todos los niveles:

- La reducción de las pérdidas técnicas de distribución en la red general significa un ahorro global del sistema, rentabilizando mejor la potencia disponible así como los costes de mantener sistemas redundantes de seguridad.
- La reducción de los desvíos entre producción y demanda al disponer de energía almacenada minimizaría los costes de penalización para las empresas distribuidoras -comercializadoras.
- La reducción de pérdidas significaría una menor repercusión sobre la factura al consumidor final, aunque esta situación, permitida por la legislación vigente en España deba considerarse claramente injusta ^[1].
- El autoconsumo con almacenamiento local puede reducir parte de los costes derivados de la red general que actualmente se le repercuten al consumidor final.

Claves de la transición

Cualquier proceso viable de transición deberá

ser planificado para que en un período impuesto por las exigencias de prevención ante el cambio climático: 30 años (la línea roja del incremento de la temperatura en 2 °C), se produzca una transformación significativa de los hábitos de consumo de energía en todos los aspectos.

Algunas publicaciones presentan largas listas de criterios de todo aquello que debería ser considerado para un proceso de transición energética, y concretamente para el caso de España ^[5].

La dificultad radica en la definición de una estrategia específica de implementación que permita conseguir los objetivos principales: descarbonización efectiva y eficiente, descentralización y democratización, competitividad, compatible y aprovechable en la medida de lo posible con el sistema ya preexistente que además, debe estar en funcionamiento 24h al día, es decir, sin menoscabo de la seguridad de suministro.

Por ello nos atrevemos a proponer unos trazos simples que deberían ser contrastados mediante modelización de escenarios posibles (Figura 10.33):

(1) *Reducción progresiva de energías finales No renovables*, coordinado con la sustitución progresiva de renovables y almacenamiento, en términos de seguridad de producción:

- Eliminación progresiva de E. nuclear (2035).
- Eliminación del uso de carbón (2030) -RE.
- Limitación al uso de térmicos de mayor eficiencia y bajas emisiones: cogeneración con gas o residuos no renovables)
- Aprovechamiento de las redes preexistentes de distribución.

(2) *Incremento significativo de potencia de generación por energías renovables*

- Incremento progresivo de potencia eólica (grandes productores) y pequeñas cooperativas locales
- Incremento progresivo de solar fotovoltaica + renovables en especial de pequeños productores particulares (viviendas) y cooperativas locales (agrícola..).
- Desarrollo de otras opciones de generación de renovables.
- Transformación de térmicas con hidrocarburos o gas a biomasa.

(3) *Almacenamiento a partir de renovables*

- Incremento de mini-centrales centrales hidráulicas de bombeo a partir de energías renovables.
- Incremento de hidrógeno como energía de almacenamiento (a partir de Metano y después mediante hidrólisis con electricidad de energía renovables locales)
- Desarrollo de almacenamiento puntual tipo químicos u otros medios (volante inercia..).

Análisis de escenarios y adaptación progresiva

El desarrollo e impulso en el tiempo de estos tres aspectos básicos debe realizarse siguiendo las líneas estratégicas (objetivos operativos) siguientes:

(a) *Planificación (visión a largo plazo) del desarrollo territorial*. Modelización de análisis técnico-económico de escenarios potenciales que contemplen:

- Decremento progresivo de las no renovables coordinado con la expansión de renovables para comprobar fiabilidad de seguridad energética.
- Promoción en la mejora de la eficiencia

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.5 Transición energética y movilidad

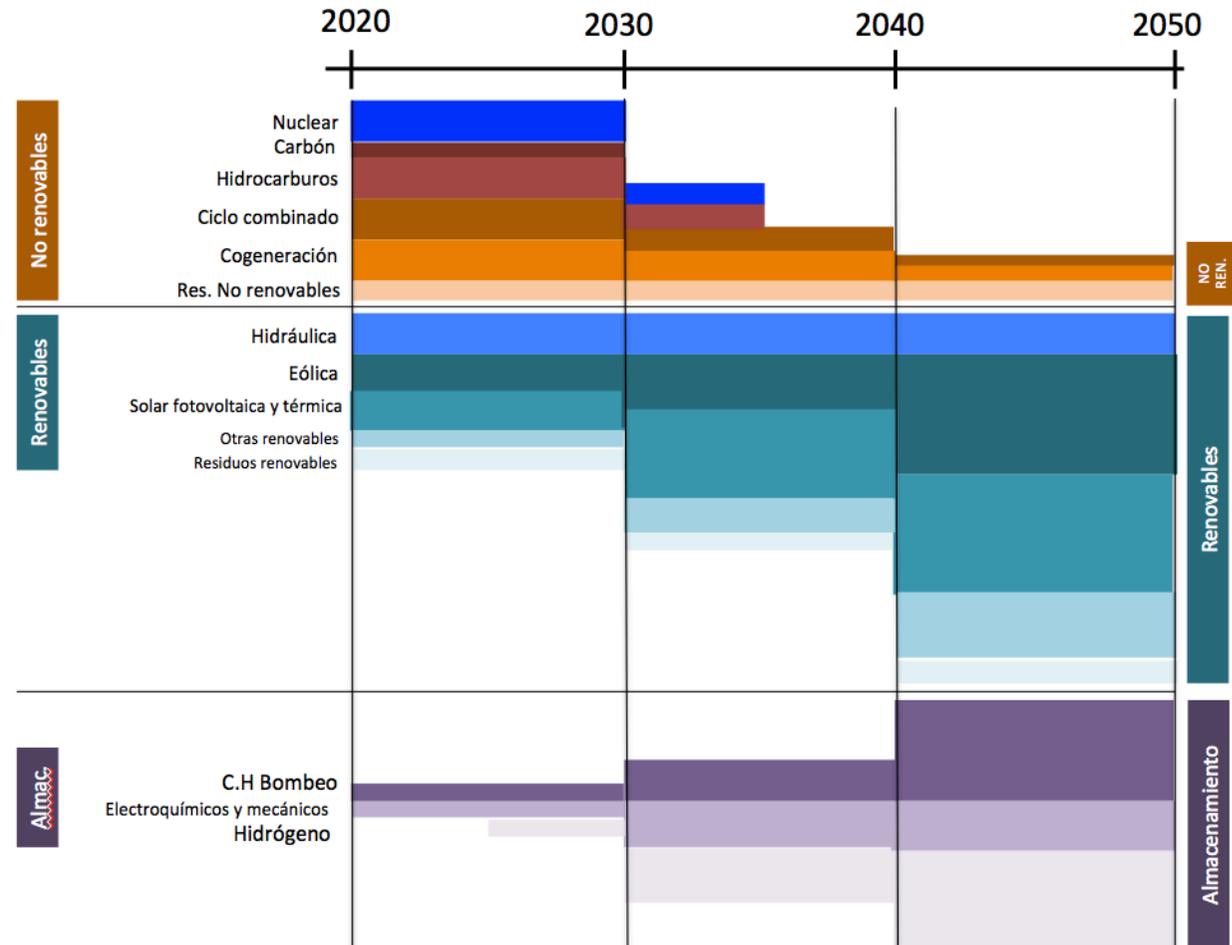
energética de todos los sectores de consumo.

- Previsión de casos extremos de situaciones excepcionales de reducción de producción de renovables.
- Incidencia global de la transformación progresiva del parque móvil a vehículos eléctricos y de puntas de demanda. Consideración del impacto si se adopta el desarrollo de almacenamiento descentralizado de hidrógeno en diferentes grados.
- Mejora de la eficiencia general de la red con sistemas distribuidos de generación y almacenamiento.

(b) Programa estratégico de implantación progresiva que contemple:

- Una red (inteligente) diseñada para una incorporación progresiva de sistemas de producción-distribución-almacenamiento descentralizados.
- Un proceso de implantación de renovables que favorezca y asegure la seguridad de producción frente al decremento de las energías No renovables
- Un plan económico dirigido a acelerar la implantación (promoción) de sistemas descentralizados de producción y

Figura 10.33: Propuesta de transición energética de consumo anual para España en términos cualitativos
Fuente: Elaboración propia



10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.5 Transición energética y movilidad

- almacenamiento (auto-consumo) .
- Una red de producción y distribución que incremente la competitividad en costes para los usuarios.
- Asegurar un sistema socialmente equitativo capaz de responder a los casos de emergencia energética.
- Prever una ordenanza socialmente equitativa y promueva la colaborativos entre los diferentes tipos de actores.

Una sencilla estimación cuantitativa (mediante un modelo simple de cálculo) permite obtener ordenes de magnitud del desarrollo que deberían producirse en términos de potencia de las diferentes fuentes de energía, suponiendo además la incorporación progresiva de la automoción hacia vehículos eléctricos puros o de pila de hidrógeno al 50% (Figura 10.34).

En términos generales los resultados muestran la necesidad de incrementar la potencia instalada un 136% para conseguir un incremento del consumo que sería un 50% superior en 30 años (2050). El desarrollo de un modelo más complejo y territorializado por posibles fuentes de energía renovable según su capacidad y potencial

Figura 10.34: Estimación de transición energética para España en términos de POTENCIA INSTALADA a partir de 2019 y transformación progresiva del parque de automoción a bajas emisiones (ESCENARIO": 50% eléctrico/50% hidrógeno). Fuente: Elaboración propia

POTENCIA INSTALADA (MW)	2019		2030		2040		2050		Incr 2050/19
	104.801	100,0%	104.801	100,0%	104.801	100,0%	247.549	100,0%	
Nuclear	7.126	6,8%	1.328	22,0%	0	22,0%	0	0,0%	-100%
Carbon	9.222	8,8%	0	4,2%	0	4,2%	0	0,0%	-100%
Ciclo combinado	24.523	23,4%	20.014	20,1%	7.695	20,1%	986	30,5%	-96%
Cogeneración	5.764	5,5%	9.015	11,8%	6.675	11,8%	2.106	65,1%	-63%
Residuos no renovables	419	0,4%	1.074	0,8%	551	0,8%	141	4,4%	-66%
	47.056	100,0%	31.432	100,0%	14.921	100,0%	3.233	100,0%	
Eólica	25.257	24,1%	27.215	20,9%	36.968	20,9%	49.331	27,6%	95%
Hidráulica	17.083	16,3%	17.083	9,7%	17.083	9,7%	17.083	9,5%	0%
Solar fotovoltaica	8.594	8,2%	55.296	3,5%	75.114	3,5%	100.233	56,0%	1066%
Solar termica	2.306	2,2%	600	2,0%	2.151	2,0%	4.116	2,3%	79%
Otras renovables	1.048	1,0%	600	1,4%	2.151	1,4%	4.116	2,3%	293%
Residuos renovables	105	0,1%	600	0,3%	2.151	0,3%	4.116	2,3%	3828%
	54.392	100,0%	101.392	100,0%	135.616	100,0%	178.996	100,0%	
Turbinación bombeo	3.354	3,2%	5.731	14,2%	5.876	11,9%	6.025	9,2%	80%
Hidrógeno (No renovable)	0	0,0%	17.496	43,4%	11.959	24,2%	6.131	9,4%	
Hidrógeno (renovable)	0	0,0%	12.701	31,5%	27.135	54,9%	48.566	74,4%	
Otros sistemas almac renov	0	0,0%	4.374	10,9%	4.485	9,1%	4.598	7,0%	
	3.354	40,8%	40.303	63,8%	49.455	62,6%	65.320	61,3%	
No renovable	47.056	45%	31.432	18%	14.921	7%	3.233	1%	-93%
Renovable	54.392	52%	101.392	59%	135.616	68%	178.996	72%	229%
Almacenamiento	3.354	3%	40.303	23%	49.455	25%	65.320	26%	1848%
	104.801	100%	173.126	100%	199.992	100%	247.549	100%	136%

Nota: Se toma como referencia la potencia y consumo de 2019 en España (datos REE), y supone crecimiento de la demanda del 0,25% (descontado la reducción por eficiencia energética). Asimismo se prevé una incorporación progresiva de energía para automoción para un Escenario 2: 50% parque eléctrico puro/ 50% pila hidrógeno. Se considera un alto desarrollo de la energía solar fotovoltaica y de almacenamiento mediante hidrógeno. No se ha incorporado la energía de transporte industrial.

10 EL RETO ENERGÉTICO DE LA MOVILIDAD / 10.5 Transición energética y movilidad

de desarrollo, como el calculado en 2005 por Greenpeace^[3] permitiría una planificación más precisa de dónde y cómo hacerlo.

La descarbonización realizada a partir de renovables generadas en el propio territorio puede suponer un grado progresivo de autonomía energética nacional, a medida que la automoción dependa menos de los recursos carbónicos. Y la descentralización de ésta (generalización del auto-consumo) significará también un beneficio social y económico en términos locales y familiares.

La necesidad de energía no va a dejar de crecer a pesar de que la eficiencia se vaya imponiendo en todos los ámbitos.

La promoción de la auto-generación y almacenamiento local va a resultar un aspecto crucial, al permitir satisfacer con mayor equidad el acceso a la energía; pero también al contribuir a la necesaria aceleración en el proceso de transición, ya que democráticamente planteado, supondrá un proceso de beneficio mutuo colectivo e individual como se está demostrando ya en casos reales. La red territorial seguirá sin embargo el nexo de reorganización de las diferentes demandas individuales y proporcionando la seguridad

energética, allí donde la demanda supere el mínimo individual requerido.

Este modelo distribuido puede aportar además, un alto grado de resiliencia o respuesta a las cambiantes necesidades de la red, dependiendo de las condiciones climáticas, tanto de generación, como de demanda de cada región, e incluso comunidad urbana.

El hecho de que hasta un coche y su batería pueda convertirse en un potencial elemento de la red, tanto reclamando como aportando energía, da idea de la potencialidad de esta transición.

Ello requerirá, tal como advierten los expertos, de lógicas circulares ^[4] y sistémicas (pluridisciplinariedad), cuando en la práctica, nos educan en tareas lineales, donde se impone el código del más fuerte.

Se debe ser consciente de las no pocas dificultades de conseguir un consenso mayoritario a largo plazo, pero con implicaciones a medio y corto plazo y sobre todo, las resistencias al cambio por parte de los grandes productores actuales, y de los intereses creados.



10.5 Ideas clave

- Que la **mayor parte de la energía asociada a la movilidad provenga de recursos no renovables**, básicamente de los petrolíferos, es el motivo principal por el cual se sitúa a este sector en el punto de mira ambiental y foco mediático como uno de los más perjudiciales en la contribución al cambio climático, cuando en realidad se estima que constituye tan sólo al 13% del total de emisiones (y 17% de las de CO₂); a ello también contribuye seguramente la relativa facilidad para poder identificar y establecer medidas de control en comparación a otros ámbitos. De igual modo, permite generar un discurso anti-vehículo focalizado sobre entornos urbanos densos, pero olvidando a toda esa realidad territorial sin apenas oferta de transporte público y, por consiguiente, alta dependencia funcional del vehículo privado.

-Tan sólo la **contaminación local** y la previsible **evolución del precio del crudo** debieran ser un **motivo** más que suficiente para iniciar, e incluso

intentar **acelerar los cambios necesarios**. Sin embargo, los efectos de la contaminación local sobre la salud en centros urbanos (ver Capítulo 9), obliga necesariamente a aplicar medidas que permitan una reducción drástica a medio plazo, que inevitablemente afectan a los desplazamientos diarios entre dichos centros y resto del territorio menos urbanizado o directamente rural.

- Estos procesos de transformación afectarán profundamente a las estructuras de generación y distribución de energía de los respectivos países, según su grado de dependencia y modelo energético disponible. Sin embargo, existe un cierto común denominador. Los **ejes estratégicos** que determinan las políticas energéticas de transformación **se basan en establecer un proceso de transición sin soslayar la seguridad energética**, capaz de mantener o **favorecer la competitividad en el mercado, mejorando a su vez la eficiencia y el ahorro energético** de todos los procesos.

- Para muchos países, la dependencia energética del petróleo, la fragilidad que significa en sus respectivas economías y estabilidad social, incluso a corto plazo, supone un motivo tan o más importante

en términos relativos que el efecto ambiental para iniciar un proceso urgente de transformación.

- Los países dependen de un **mix de recursos energéticos** que aplican de forma gradual para atender a la demanda en todo momento. Los vectores finales: productos derivados del petróleo o la electricidad, presentan sistemas de generación muy centralizados, con largos recorridos de distribución que incrementa su ineficiencia y coste. La centralización facilita el control pero igualmente la inseguridad, tanto en términos de abastecimiento como socioeconómicos.

- El hecho de que los respectivos **estados tienen intereses en estos recursos energéticos**, ya que obtienen ingresos económicos significativos, los convierte en un factor, sino de oposición directa, si de “rozamiento” encubierto al cambio de paradigma, a pesar de ser ya urgente un cambio de vector energético. Las estructuras, hábitos, privilegios, y sobre todo la capacidad de control para seguir manteniendo en la medida de lo posible los intereses creados son un motivo de peso. De otro modo no se entendería todas las dificultades para llegar a un acuerdo en los sucesivas cumbres internacionales.

- La **dependencia energética afecta a un país** cuando este está sometido a las vicisitudes de los conflictos de terceros países o a las decisiones del mercado sobre los cuales no puede intervenir; **pero también afecta a la escala familiar o individual** debido a la necesidad culturalmente arraigada de la propiedad del vehículo, o de una energía y combustible cuyo precio tampoco se tienen capacidad de decisión.

- **El cambio** de paradigma del transporte **hacia sistemas no carbónicos** no puede realizarse bajo la estructura actual. **No resistiría en muchos casos la demanda actual** y se daría la paradoja de tener que atenderla mediante vectores energéticos de altas emisiones.

Sin un acuerdo social a largo plazo que ponga por delante las necesidades sociales antes que la de los estados, no podrá llevarse a cabo una transformación dirigida a maximizar los beneficios y minimizar los impactos. De otro modo, esta transformación llegara tarde y mal, con enormes costes sociales para aquellos países que no hayan podido prever dicho cambio.

- Un futuro sostenible exige descarbonizar los vectores energéticos principales y conseguir una

obtención de dichos recursos desde fuentes cercanas y propias, que eliminen nuestra dependencia, tanto individual como social, de terceros.

- El **vehículo NO carbónico**, sea de la modalidad que sea, finalmente **ha llegado para quedarse** y para realizar la nueva transformación (por no decir revolución) del transporte, después de la popularización del vehículo de motor de combustión interna a mediados del s.XX. Todo país que pretenda mantener o alcanzar altos niveles de desarrollo, competitividad y calidad de vida, deberá iniciar de inmediato si no lo ha hecho ya, el camino hacia un escenario de futuro cercano donde exista un desacoplamiento del transporte (en todos sus posibles modos) respecto de los combustibles fósiles.

- La **seguridad energética** es una condición obligatoria en todo este proceso de transición energética. Pero la **independencia energética, asegurando unos mínimos de calidad de vida individual**, también deberá ser otro criterio fundamental de planificación, establecido desde la colaboración territorial (red global), precisamente para facilitar esa seguridad necesaria.

- Todo país requiere con urgencia (si no dispone todavía de este) de un **plan de transición**, adaptado a sus necesidades específicas de demanda y su potencial natura de producción; pero todos ellos deberán compartir unos criterios básicos comunes si desea conseguir ajustar el proceso a los períodos que nos permita el cambio climático:

- **La descarbonización como objetivo último debe ir acompañado de un proceso de democratización de la energía**, es decir, acceso local e incluso individual a la producción y auto-consumo que no olvide además el derecho de equidad a unos mínimos individuales, si lo que se desea es crear sociedades con estabilidad económica y social (equidad) basadas en el principio de bienestar individual proporcionando un derecho al acceso mínimo universal de energía, como ya se hace con sanidad o educación.

- **El plan** no debe ser una meta fija, sino **una hoja de ruta que debe aportar seguridad a la población y empresas en la inversión** en el cambio y apuesta por un beneficio mutuo de la colectividad en su conjunto.

Notas

[1] La potencia biológica consumida por un ser humano se estima entorno de los 100 W. La potencia que genera al pedalear un ciclista se situaría entorno de los 50 W.

- Una vivienda solicita potencias entre 3000 y 5.000 Watts (= 5 KW) cuando tenemos encendido la iluminación y la mayoría de los electrodomésticos habituales. Ello sería equivalente a la potencia generada por 100 ciclistas.

- Nuestros vehículos privados requieren una potencia de 100 KW, que equivale a 400 personas pedaleando; y un vehículo industrial a 6.000 ciclistas (300 KW).

Dicho de otro modo, para mantener el nivel de confort actual, cada ciudadano requiere el equivalente a la potencia generada por 1.000 personas de forma continuada.

La última oportunidad. La transición energética del sXXI. Ramon Sans. Ed. Octaedro.

[2] Normalmente se utilizan unidades de tiempo, de modo que se habla de que un electrodoméstico consume 12 watts hora (12Wh) cuando se supone que consumiría esa cantidad de energía en caso de estar funcionando durante una hora.

[3] Las energías renovables basadas en recursos con características de dispersión en el territorio e intermitencia en la producción, al depender de las condiciones ambientales, impide que se pueda confiar en un único sistema. La existencia de un Mix de renovables es precisamente uno de los factores principales para asegurar esa estabilidad energética de base que elimine la incertidumbre. El gráfico de potencia instalada permite observar que un 50% proviene de energías renovables, cuyo grado de producción, al estar sometidas a condiciones climáticas (viento, sol.), de naturaleza aleatoria, parece conferirles un alto grado de fragilidad en términos de seguridad

energética, que por ejemplo aportan la nuclear o las térmicas. (*Informe Anual REE.2019. www.ree.es*)

[4] También se utiliza la denominación EROI: “Energy return on investment” o también “energy return on energy investment” (EROEI).

(https://ca.wikipedia.org/wiki/Taxa_de_retorn_energ%C3%A8tic)

[5] La técnica más sencilla de almacenamiento es como hidrógeno comprimido, en fase gaseosa. En la actualidad se almacena a 200 bar, y los equipos avanzados llegan a 700 bar. El consumo para lograr esas presiones es elevado, aunque no tanto como en el procedimiento de licuefacción. Así, a 200 bar se consume un 10% de la energía almacenada, mientras que a 700 bar, un 15%. Hoy día es común trabajar a 350 bar en aplicaciones de transporte, recurriendo a depósitos de materiales compuestos.

[6] Estas pequeñas centrales, de generación, almacenamiento y distribución, que pueden tener una unidad de electrólisis, otra de compresión y de almacenaje.

Un depósito de hidrógeno de 1 m³, a 200 bar, descontadas las pérdidas, proporcionaría una energía de 270 kWh, que puede significar la reserva diaria para 54 familias (suponiendo 5 kW por familia). Por consiguiente, podrían fabricarse modelos más reducidos, que podrían gestionar perfectamente toda la energía necesaria de una familia o de una comunidad.

La última oportunidad. La transición energética del sXXI. Ramon Sans. Ed. Octaedro

[7] Sólo así se entiende que países como USA, Australia, Brasil, sigan oponiéndose continuamente a entrar en acuerdos internacionales, o que en el caso de España se redacte una legislación (coloquialmente denominada “Impuesto al sol”) que dejaba a la auto-producción de energía eléctrica a merced de las grandes operadoras, que fue permitida por sucesivos gobiernos hasta que la UE obligó a su derogación por contradecir principios esenciales.

[8] De toda la potencia renovable que había instalada en Alemania en 2012, el 47% estaba en manos de ciudadanos y cooperativas gracias a la política de descentralización que se inició en 1991 (Electricity Feed-in Act), y cuya consolidación se produjo con el German Renewable Energy Act (EEG) del año 2000, que garantizaba una retribución fija por la energía vertida a la red (FIT) y reconocía el derecho de cobro durante 20 años. ¿Cómo está regulado el autoconsumo en Alemania? (<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/como-esta-regulado-el-autoconsumo-en-20161025>)

[9] Constitución español; Art 27: Derecho a la educación; Art. 41 y 43 Derecho a la protección de la salud; Art.47 Derecho a la vivienda.

[10] El apagón que ocurrió en julio de 2007 como consecuencia de la caída de un cable en una subestación en Barcelona supuso un efecto en cadena que dejó a 100.000 personas sin luz durante un día y centenares durante cuatro días. Se demostró posteriormente que la falta de mantenimiento por decisión de la dirección (que no eran técnicos especialistas) estaba detrás de este suceso.

[11] Existen tres tipos de recarga para los vehículos eléctricos: carga lenta (5-8horas), carga semirápida (1,5-3 horas) y carga rápida (5 a 30 minutos). Las instalaciones de recarga rápida se considera sólo viables en estaciones de servicios que ofertan recarga eléctrica, además de electrolineras. La instalación necesaria es compleja ya que necesita una corriente continua de hasta 600V y 400A, y puede llegar a los 240 kW de potencia, que permiten cargar el 80% de una batería en un intervalo de 5 a 30 minutos. También mediante el uso de corriente alterna, 500V, hasta 250A y 220 kW alcanza tiempos de recarga de 10 minutos (para un 80% capacidad) (<https://www.wallboxok.com/es/cuanto-tiempo-tarda-en-cargarse-un-coche-electrico>)

[12] Los mejores acumuladores eléctricos apenas llegan a 1/100 de la energía acumulada en un peso equivalente de

combustibles refinados del petróleo. Y las más habituales, las de plomo y las de níquel, apenas alcanzan un 3/1000.

[13] Tres países producen el 91% del litio. Web híbridos y eléctricos. Web Híbridos y eléctricos. Sept 2019.

(<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/paises-procedencia-materias-primas-baterias-coches-electricos/20190923164804030344.html>).

[14] Pobreza energética: Término utilizado en el caso de personas que no disponen de recursos económicos para disponer de una mínima cantidad de energía para sus necesidades básicas: cocinar,, calor habitacional..

[15] Se calcula que en el caso español, se pierden anualmente unos 26TWh de energía (el consumo equivalente a 6,5 millones de familias) por motivos técnicos (ineficiencias de la red) o no técnicos (control y fraude).

Pero además se desconoce cuanta energía producida con renovables no ha podido ser aprovechada por los problemas de acoplamiento de la red y poca disponibilidad de sistemas de almacenamiento masivo.

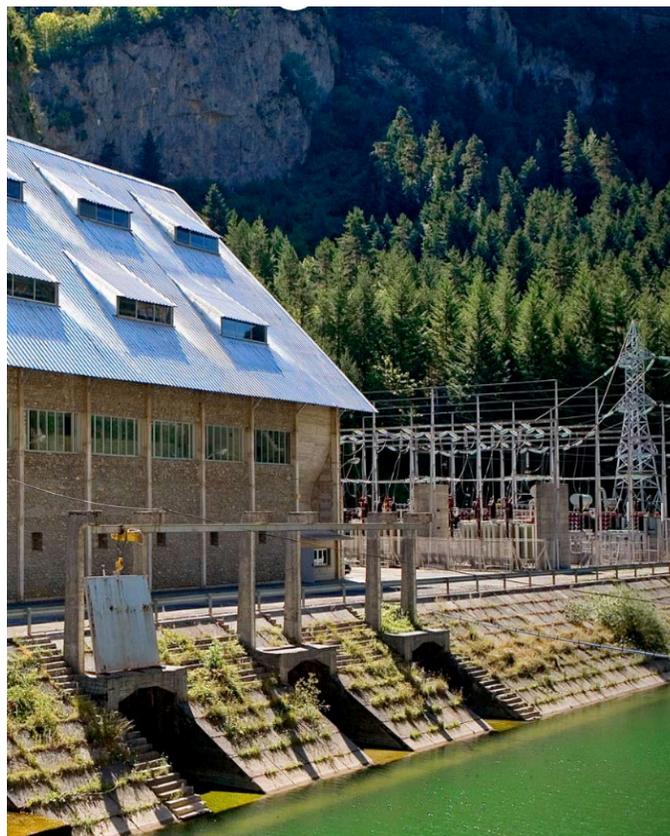
La legislación vigente (RD 216/2014) permite que las pérdidas técnicas como el fraude o mala contabilización (pérdidas no técnicas) o por desvío, se repercutan al consumidor final. Ello hace que no existan incentivos para reducirlo. Además, el sistema de reparto también presenta una gran controversia.

[16] Estrategia energética Española a medio y largo plazo. Club Español de la energía; Claus per a un nou paradigma energètic. UPC. 2017.

[17] Gracias a la política de extensión de fotovoltaicas y auto-consumo, a finales de 2015, Alemania tenía instalados 39,6 gigavatios de potencia solar fotovoltaica (FV). Más aún: durante ese año la generación mediante esta tecnología cubrió el 7% de la demanda de electricidad. Lejos de esos registros, España tenía a finales del año pasado 4,42 GWh. Ese escuálido

parque fotovoltaico nacional -raqúitico en comparación con el alemán- generó el año pasado en España el 2,9% del total de la electricidad que produjo este país.

(<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/como-esta-regulado-el-autoconsumo-en-20161025>)



Referencias bibliográficas

[a] Fracturación hidráulica del terreno.
(https://es.wikipedia.org/wiki/Fracturaci3n_hidr3ulica)

[b] https://es.wikipedia.org/wiki/Abandono_de_la_energ%C3%ADa_nuclear#Existencia_de_alternativas

[c] 10 años del gran apagón en Barcelona. El periódico. 23/07/2017.
(<https://www.elperiodico.com/es/barcelona/20170723/10-anos-del-gran-apagon-de-barcelona-6185930> Incidente en Barcelona).

[d] Análisis y propuestas para la descarbonización de España. Comisión de expertos sobre Transición Energética. 2018.

[e] Avance del sistema eléctrico Español .2019. REE
(<https://www.ree.es/es/datos/publicaciones>)

[f] Central hidroeléctrica de bombeo
https://es.wikipedia.org/wiki/Central_hidroel%C3%A9ctrica_reversible

[g] Desastre ecológicos por derrame de petróleo:
(https://es.wikipedia.org/wiki/Derrame_de_petr%C3%B3leo)

[h] La economía del hidrógeno. La próxima revolución económica. Jeremy Rifkin. Ed Paidós. 2007

[i] *El hidrógeno, metodologías de producción.* Jose Luis G. Fierro

[j] Estrategia Energética Española a medio y largo plazo: Mix y mercados. Análisis comparado y propuestas. 2015.

[k] <https://www.ree.es/es/red21/redes-inteligentes/que-son-las-smartgrid>;
(https://es.wikipedia.org/wiki/Red_el%C3%A9ctrica_inteligente)

[l] ¿Cómo está regulado el autoconsumo en Alemania?
(<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/como-esta-regulado-el-autoconsumo-en-20161025>)

[m] El peligro de que triunfe el coche eléctrico sobre el coche eléctrico.
(<https://www.xataka.com/automovil/peligro-para-coche-electrico-que-que-triunfe-coche-electrico>).

[n] Los 10 mayores fabricantes de baterías para coches. Web Híbridos y eléctricos.
(<https://www.hibridosyelectricos.com/articulo/sector/mayores-fabricantes-baterias-coches-electricos-clientes/20191122144421031665.html>)

[o] Fuente: La Vanguardia. 13 Septiembre de 2019.

[p] El negocio del territorio. Manuel Herce 2013. Alianza Editorial.

[q] Energiewende: ¿cómo es la política de transición energética alemana? Marzo 2018
(<https://www.energias-renovables.com/panorama/alemania-seguira-subsidiando-la-solar-fotovoltaica-durante-20180320>)

[r] **Alemania produce más energía solar que España, Portugal, Italia y Francia juntas. Marzo 2020.**
(<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/alemania-produce-mas-energia-solar-que-espana-20200320>)

[s] Análisis y propuestas para la descarbonización de España. Comisión de expertos sobre Transición Energética. 2018.

[t] Renovables 2050 (2005) y Renovables 100% (2006). Greenpeace. (<https://es.greenpeace.org/es/>)

Otras consultas bibliográficas

- Global EV Outlook 2019. Scaling -up the transition to electric mobility.
- La última oportunidad. TE21. Ramón Sans Rovira. Ed Octaedro. 2015.
- Cap al 100% renovable. Reflexions sobre la transició energètica a Catalunya i la seva governança. Josep Centelles. Ed. Octaedro. 2015
- El colapso es evitable. Ramón Sans Rovira. Ed. Octaedro. 2013
- Hidrógeno: un presente para el futuro. Beatriz Yolanda Moratilla. Revista Ordenación y Territorio. núm. 89. 2010.
- Energía eólica. Francisco Galán. Revista Ordenación y Territorio. núm. 89. 2010.
- Pila de combustible (https://es.wikipedia.org/wiki/Pila_de_combustible).
- Pérdidas en la red eléctrica. (<http://franvalverdes.blogspot.com/2015/06/perdidas-en-la-red-electrica.html>)
- AeH2-Tecnología del Hidrógeno y pilas de combustible. (<http://www.aeh2.org/>)

Webs de referencia

- Bases de datos de Eurostat (<https://ec.europa.eu/euros->

tat/web/energy/data/database)

- Centro de Investigaciones Energéticas, medioambientales y tecnológicas (<http://www.ciemat.es/>)
- Red eléctrica Española REE (<https://www.ree.es/es/datos/publicaciones>).
- Fundación para la Eficiencia Energética y el medio ambiente (<http://www.f2e.es>)

Artículos sobre dependencia energética:

- La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. Galdon, Soucase, Guaita. 2016 (<http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-7773-la-dependencia-energetica-espana-sectores-impacto-economico.aspx>)
- <https://www.elboletin.com/noticia/167928/economia/la-dependencia-energetica-volvio-a-dispararse-en-2017-por-la-menor-produccion-renovable.html>
- <https://www.energias-renovables.com/javier-garcia-breva/el-coste-energetico-del-que-nadie-habla-20170511>
- La dependencia energética en España por sectores y su impacto económico. José Antonio Galdón Ruiz. Julio 2016.
- Mapas de acceso del % de población con acceso a electricidad (2012). (<https://es.actualitix.com/pais/afri/africa-acceso-a-la-electricidad.php>)
- Consumo de energía per cápita. (<https://www.indexmundi.com/map/?v=81000&r=xx&l=es>)
- El consumo varía entre Islania (51467 kWh 7año por habitante a)

Artículos y documentos sobre pérdidas del sistema eléctrico

- <https://elperiodicodelaenergia.com/las-perdidas-de-electricidad-o-como-el-consumidor-domestico-se-lleva-la-peor-parte-de-este-injusto-reparto-de-costes/#comments>
- Las pérdidas de energía eléctrica. (<http://www.sectorelectricidad.com/20860/las-perdidas-de-energia-electrica>)
- Impacto de las pérdidas y de sus desvíos colaterales en la factura eléctrica. (<https://www.magnuscmd.com/es/impacto-de-las-perdidas-y-de-sus-desvios-colaterales-en-la-factura-electrica/>)

Artículos sobre transición energética

- Energiewende: ¿cómo es la política de transición energética alemana? Marzo 2018 (<https://www.energias-renovables.com/panorama/alemania-seguira-subsidiando-la-solar-fotovoltaica-durante-20180320>)
- Alemania produce más energía solar que España, Portugal, Italia y Francia juntas. Marzo 2020. (<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/alemania-produce-mas-energia-solar-que-espana-20200320>)
- Alemania bate tres records de energía solar en solo dos semanas. Junio 2014 (<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/alemania-bate-tres-records-de-energia-solar-20140623>)
- Energiewende: Alemania ha cerrado en los últimos siete años una decena de centrales nucleares. Marzo 2018. (<https://www.energias-renovables.com/panorama/el-parque-electrico-aleman-ha-reducido-sus-20180328>)

- ¿Cómo está regulado el autoconsumo en Alemania? (<https://www.energias-renovables.com/fotovoltaica/como-esta-regulado-el-autoconsumo-en-20161025>)

Consultas documentos web de interés:

- https://es.wikipedia.org/wiki/Generación_de_energía_eléctrica. (Consultado el 16 de Septiembre de 2016)
- https://es.wikipedia.org/wiki/Generación_de_energía_eléctrica https://es.wikipedia.org/wiki/Generación_de_energía_eléctrica
- https://es.wikipedia.org/wiki/Densidad_de_energía. (Consultado el 13 de Septiembre de 2016)
- https://es.wikipedia.org/wiki/Energía_del_hidrógeno. (Consultado el 13 de Septiembre de 2016).
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Grafeno>. (Consultado el 13 de Septiembre de 2016)
- https://es.wikipedia.org/wiki/Energía_en_Islandia. Consultado el 13 de Septiembre de 2016
- <http://www.rankia.com/blog/ecos-solares/1633134-mantras-nucleares-ii-mito-espana-que-no-puede-vivir-centrales?page=2>. (Consultado el 26 de Septiembre de 2016)
- Web donde se presenta la energía consumida en España cada instante y a lo largo del día, y el mix energético <https://demanda.ree.es/movil/peninsula/demanda/total>
- <http://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/main-tables>. (Consultado el 26 de Septiembre de 2016)

- https://es.wikipedia.org/wiki/Fracturación_hidráulica. (Consultado el 26 de Septiembre de 2016)

- Web de consulta consumo energético: <http://www.comparatarifasenergia.es/comparar-precios-de-energia/consumo-medio>.

- http://www.ree.es/sites/default/files/interactivos/como_consumimos_electricidad/preguntas.html.

- <https://www.xataka.com/automovil/peligro-para-coche-electrico-que-que-triunfe-coche-electrico>

- <https://www.wallboxok.com/es/cuanto-tiempo-tarda-en-cargarse-un-coche-electrico>

- Consumo energético anual y per cápita por países. (https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Países_por_consumo_de_electricidad)

- <https://www.diariorenovables.com/2018/01/generacion-electrica-espana-2017-bajan.html>

