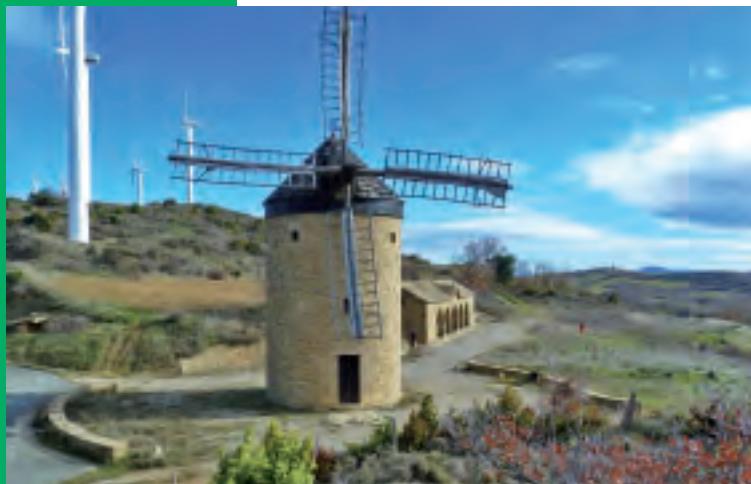


Hacia un modelo energético sostenible para Euskal Herria



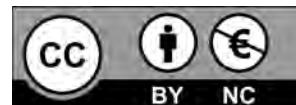
Hacia un modelo energético sostenible para Euskal Herria

Introducción	5
1. La coyuntura energética actual en Hego Euskal Herria	7
La mentira de los hidrocarburos no convencionales como respuesta al agotamiento de los combustibles fósiles.....	7
La necesaria respuesta al problema del cambio climático.....	10
Algunos indicadores de la coyuntura energética en Hego Euskal Herria	10
La enorme dependencia energética de Euskal Herria	13
2. La política energética de las administraciones autonómicas vascas en el contexto europeo	14
Estructura del consumo energético en la CAPV y Navarra.....	19
La Estrategia Energética de la CAPV y el Plan Energético de Navarra	19
Zabalgarbi como modelo de una política energética fallida.....	26
Los objetivos de las administraciones vascas son claramente insuficientes para cumplir con Europa.....	31
3. Claves para un modelo energético sostenible	32
Reducir el consumo final de energía en el transporte, en los edificios y en la industria.....	34
Reducir los flujos de productos y materiales como vía para reducir el consumo de energía ..	36
Relocalizar la economía	40
Suministro sostenible de energía	42
El sistema eléctrico de un modelo energético sostenible	44
Yacimientos de empleo en el nuevo sistema energético sostenible	49
4. Límites y retos de un sistema energético sostenible en Euskal Herria	51
El aprovechamiento energético de la biomasa.....	51
El potencial de la energía renovable en Euskal Herria.....	53
ANEXO: Unidades de potencia y energía. Equivalencias	63
Notas	65

Publica: Manu Robles-Arangiz Institutua
Barrainkua, 13
48009 BILBO
fundazioa@elasind.org
www.mrafundazioa.org
Twitter: @mrafundazioa

ISBN: 978-84-939802-5-2

Depósito legal: BI-877-2014





Gorka Bueno

Gorka Bueno (Bilbao, 1970). Doctor en Ingeniería de Telecomunicaciones. Profesor Titular de Tecnología Electrónica en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Bilbao, UPV/EHU.

Desde 1994 hasta 2006 ha participado en diversos proyectos de investigación relacionados con la mejora de la fabricación de células solares fotovoltaicas de características industriales, campo en el que desarrolló su tesis doctoral. Es coautor de diversos artículos y ponencias a congresos, así como de varias patentes relacionadas con la tecnología solar fotovoltaica.

En estos momentos tiene centrada su actividad académica en la problemática de la sostenibilidad energética, ámbito en el que ha realizado varias publicaciones y documentos científicos y técnicos, entre otras el libro *Energía urriko mundu baterako gida*, también publicado por la Fundación Manu Robles-Arangiz Institutua (2007), en el que se aporta una visión global, desde Euskal Herria, de la actual coyuntura energética y el potencial de las energías renovables. Es colaborador habitual de diversos agentes sociales en cuestiones relacionadas con la sostenibilidad. Es, también, delegado de ELA en la UPV/EHU.



Hacia un modelo energético sostenible para Euskal Herria

Gorka Bueno

Introducción

La *huella ecológica* es un indicador a menudo utilizado para medir el impacto de la actividad humana sobre el medio ambiente. En concreto, la huella ecológica de una actividad se define como la superficie productiva necesaria para poder soportar dicha actividad de forma sostenible, es decir, sin destruir capital natural. Los estudios más recientes sobre la huella ecológica de nuestra civilización afirman que ésta superaba en 2009 la capacidad productiva del planeta en un 47% (GFN, 2013). Como no disponemos de medio planeta suplementario para soportar nuestra actividad de forma sostenible, el resultado es obvio: los recursos naturales se destruyen, y el medio se deteriora con rapidez.

El problema de la insostenibilidad de nuestra civilización tiene una raíz energética indudable. De hecho, el componente más importante de la huella ecológica de la humanidad, en la actualidad, es lo que se conoce como *huella de carbono*. La huella de carbono de una actividad es la superficie boscosa nece-

saria para neutralizar las emisiones de CO₂ de origen humano a que da lugar dicha actividad; estas emisiones son generadas, principalmente, al consumir combustibles fósiles (petróleo, gas natural y carbón). La huella de carbono de nuestra civilización supera la mitad de la huella ecológica total, y equivale a más de tres cuartas partes de la superficie bioproductiva de nuestro planeta.

En el ámbito energético, el agotamiento del capital natural del planeta y la degradación del medio enfrenta a la humanidad a una doble amenaza de enormes dimensiones. Por un lado, las reservas energéticas mundiales de origen fósil se agotan. La Agencia Internacional de la Energía reconoció en 2010, por primera vez, que la producción mundial de petróleo convencional alcanzó el cénit en 2006, en torno a los 70 millones de barriles diarios (IEA, 2010). Por otro lado, el cambio climático amenaza la viabilidad de nuestra civilización.

La comunidad internacional reconoció en 2009, en la 15ª Conferencia de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el



Cambio Climático en Copenhague, que si queremos evitar un cambio climático catastrófico de consecuencias imprevistas es esencial mantener por debajo de 2 °C un calentamiento global que ya ha superado los 0,7 °C en el último siglo. Según el primer avance del quinto informe de progreso del IPCC, hecho público en octubre de 2013, el escenario futuro compatible con un calentamiento global por debajo de los dos grados exige reducir las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) en torno al 80% en 2050, y anularlas completamente más allá de 2070 (IPCC, 2013).

Estas dos amenazas, el agotamiento de los recursos energéticos de origen fósil y el cambio climático, son globales y nos obligan a consumir cada año menos energía de origen fósil. Nos afectan a todos los habitantes del planeta, y por tanto también a los que vivimos en Euskal Herria. En Hego Euskal Herria, sin embargo, una tercera amenaza debe sumarse a las dos anteriores: la enorme dependencia energética exterior de nuestro pueblo, que condiciona en gran medida los pasos a dar en el futuro.

La Agencia Internacional de la Energía –dependiente de la OCDE, y por tanto plenamente ligada a los intereses del entramado productivo e institucional del mundo occidental– afirmaba en el resumen ejecutivo de su informe anual de 2006 que “[el] mundo se

enfrenta a dos amenazas gemelas relacionadas con la energía: la de no disponer de un suministro adecuado y asegurado de ella a precios asequibles, y la del daño ambiental causado por el consumo energético excesivo” (IEA, 2006), y subrayaba la necesidad de un cambio del modelo energético, que es claramente insostenible. La insostenibilidad del modelo energético actual es uno de los principales vectores de la crisis sistémica que sufre nuestra civilización, y está estrechamente ligada a otros vectores de la crisis: cambio climático y deterioro ambiental, agotamiento de recursos, e imposibilidad de lograr un crecimiento económico sostenido.

Este documento trata de clarificar algunas cuestiones en referencia al imprescindible cambio de modelo energético al que nos enfrentamos, desde la perspectiva de Hego Euskal Herria. Para ello, en un primer apartado repasaremos los principales indicadores energéticos de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) y la Comunidad Foral Navarra (CFN), y los analizaremos en el contexto internacional más cercano. Junto con el estudio de la evolución de los consumos energéticos de las dos últimas décadas, estos datos nos permitirán detectar nuestros principales focos de insostenibilidad energética. En un segundo apartado analizaremos los principales ejes de la política energética de las administraciones autonómicas vascas para



los próximos años, y los evaluaremos desde la perspectiva de los objetivos marcados en la Unión Europea (UE) para las próximas décadas. Estos dos primeros apartados nos servirán para desenmascarar algunos maquillajes y trampas habituales en los mensajes y planes lanzados por las administraciones, que además distan mucho de alinearse con los tibios objetivos marcados por la UE. En un tercer apartado recogeremos los elementos clave que, en nuestra opinión, un modelo energético sostenible en Euskal Herria debe incorporar. Este futuro modelo sostenible, sin embargo, no debe perder de vista los innegables límites que presenta el contexto geofísico de nuestro país. Estos límites son explorados en el cuarto apartado, junto con algunos retos de especial importancia.

1

La coyuntura energética actual en Hego Euskal Herria

La mentira de los hidrocarburos no convencionales como respuesta al agotamiento de los combustibles fósiles

Los combustibles de origen fósil (carbón, petróleo y gas natural), fundamentales en el mundo actual –suponen el 81,3% del suministro

de energía primaria mundial, soportan el 68% de la generación eléctrica y alimentan casi el 97% del transporte en el mundo (IEA, 2013a)–, son recursos naturales sujetos a agotamiento. El enorme desarrollo socioeconómico de nuestra civilización durante el último siglo hubiera sido impensable sin la explotación de este ingente flujo de energía fósil, que, como es lógico, se ha ido explotando de forma progresiva empezando por aquellos recursos que estaban más accesibles, y que conllevaban menores costes de explotación, tanto económicos como, sobre todo, energéticos¹.

Durante los últimos años se viene anunciando desde algunos sectores una “nueva era dorada de hidrocarburos no convencionales”. Esta supuesta nueva era dorada de la energía se apoyaría, en principio, en la explotación masiva de los recursos no convencionales de petróleo y gas en el mundo, mucho más abundantes que los recursos convencionales, haciendo uso de nuevas tecnologías muy desarrolladas durante la última década y relacionadas fundamentalmente con la fractura hidráulica (fracking) y la perforación horizontal (horizontal drilling). Debe subrayarse, sin embargo, que la explotación de estos nuevos recursos no convencionales supone enormes costes medioambientales que son reconocidos por la propia Agencia Internacional de la Energía en un informe monográfico del año



2012 (IEA, 2012a): gran impacto ambiental debido a la baja concentración de los recursos en el terreno y necesidad de realizar muchas perforaciones, incremento de actividad sísmica, emisiones incontroladas de metano al aire y a capas freáticas, contaminación debida a los fluidos de fractura utilizados, riesgo de contaminación de agua, ... En resumen, los recursos fósiles no convencionales presentan una serie de problemas que, además de ser imposible solventarlos completamente en la práctica, su minimización conllevaría enormes costes de explotación que limitarían su rentabilidad de forma muy significativa.

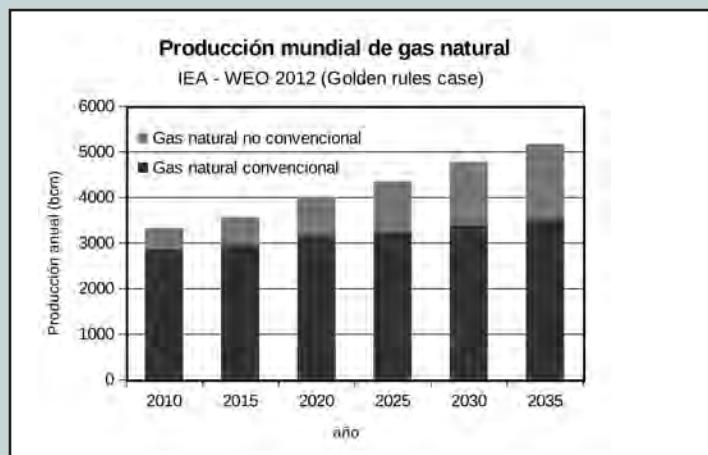
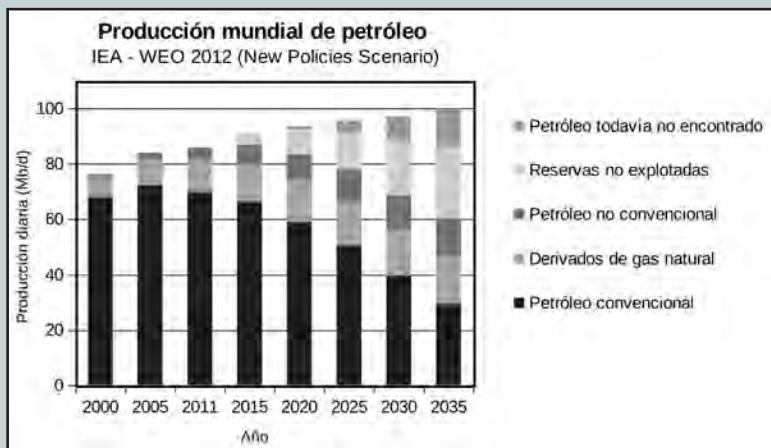
Todo apunta, por tanto, a que los recursos fósiles consumidos en el futuro serán, cada vez más, de naturaleza no convencional. Pero ese escenario no es en absoluto una “era dorada de la energía”. El petróleo y el gas no convencional son más contaminantes y sobre todo más costosos de extraer que los recursos convencionales que ya hemos consumido, y por ello parece extremadamente difícil que esos costosísimos aumentos de producción de hidrocarburos no convencionales sean capaces de compensar el declive de la producción convencional (Hughes, 2013). De hecho, lo más lógico consiste en suponer que en algún momento comencemos a consumir cada vez menos combustibles fósiles en tér-

minos absolutos, tal y como la IEA ya reconoce que sucede con el petróleo convencional.

En el futuro, el aumento de la producción de hidrocarburos no convencionales llevará consigo un aumento generalizado y significativo del coste de producción de todos los vectores energéticos en general (electricidad, carburantes), que por otro lado, en la actualidad, tampoco internalizan todos los costes medioambientales derivados de su producción y consumo. Este aumento del coste de la energía supondrá, obviamente, una “era dorada” con grandes oportunidades de negocio para algunos sectores productivos y financieros. De hecho, la IEA subraya la importante necesidad de financiación del sector de hidrocarburos no convencionales; pero esta “era dorada para algunos” no es incompatible con una “era de carestía energética” para la inmensa mayoría de la población. La era de los combustibles fósiles baratos se ha acabado, y por ello es mucho más sensato poner los medios productivos y financieros disponibles al servicio de la construcción de alternativas de carácter renovable, antes que insistir en la vía de unos recursos fósiles cada vez más sucios y caros, y que también acabarán agotándose.



Figura 1
Previsiones de la IEA de producción mundial de petróleo
y gas natural en el mundo (Fuentes: IEA, 2012a,b)



Esta figura recoge los escenarios más optimistas de la IEA en relación al potencial de desarrollo del petróleo y del gas no convencional. Con respecto al petróleo (IEA, 2012b), la IEA reconoce el importante declive a partir de mediados de la década pasada de los yacimientos entonces en explotación, fundamentalmente de petróleo convencional. En el futuro, ese declive debería cubrirse cada vez más con petróleo no convencional,

mucho más caro y sucio, y explotando yacimientos todavía no explotados —lo más difícil y caro siempre se deja para el final—, e incluso yacimientos que todavía no han sido encontrados. Con respecto al gas no convencional, la IEA reconoce que los próximos veinte años verán sólo ligeros aumentos de la producción de gas convencional, debiendo ser soportada la creciente demanda de gas, cada vez en más medida, por las fuentes no convencionales.

La necesaria respuesta al problema del cambio climático

En octubre de 2013 el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) ha hecho pública la primera parte de su quinto informe de seguimiento (5th Assessment Report). Esta primera parte recoge las conclusiones del primer grupo de trabajo del IPCC, que evalúa los aspectos científicos del sistema climático y el cambio climático (IPCC, 2013). En él se recoge información significativa.

Según los escenarios de emisiones de CO₂ explorados por el IPCC, el escenario futuro que asume la tendencia actual de crecimiento de las emisiones antropogénicas de CO₂ nos lleva a una concentración de ese gas en la atmósfera a finales de este siglo en torno a 1.000 ppm (partes por millón). Esa concentración de CO₂ era, más o menos, la que había en la atmósfera de nuestro planeta hace 100 millones de años, cuando los dinosaurios reinaban en la Tierra, empezaban a surgir las primeras especies de abejas, no había hielo en los polos del planeta, y los territorios que ahora forman Euskal Herria se encontraban bajo un océano tropical con un nivel del mar varios cientos de metros por encima de nuestro mar Cantábrico. En este escenario se prevé que el calentamiento global en la superficie de nuestro planeta supere en 2100 los 4 °C con respecto a los niveles preindustria-

les, y llegue a superar los 8 °C en 2300, cuando la concentración de CO₂ en la atmósfera se establezca en torno a 2.000 ppm.

El escenario explorado por el AR5 del IPCC que es compatible con la no superación del umbral de 2 °C de calentamiento global exige no superar la concentración de 450 ppm de CO₂ en la atmósfera a mediados de este siglo –en estos momentos la concentración ya supera los 395 ppm (<http://co2now.org/>)–, para recuperar una concentración de CO₂ estabilizada en torno a 350 ppm al final del tercer milenio. Para ello, es imprescindible que las emisiones antropogénicas netas totales de CO₂ comiencen a descender inmediatamente en el mundo, alcanzando un nivel de reducción del 80% de las emisiones actuales en el año 2050, y eliminándose completamente a lo largo de la segunda mitad de este siglo.

Algunos indicadores de la coyuntura energética en Hego Euskal Herria

La capacidad productiva de Hego Euskal Herria, medida en términos de PIB per cápita, está significativamente por encima no sólo de la media española sino incluso de la europea, y muy cercana a la alemana. Esta realidad también se refleja en los niveles de emisiones de GEI, superiores al nivel de emisiones en el Estado, e incluso superiores a la media euro-



pea (en el caso de la CAPV se han incluido, siguiendo la metodología del Gobierno Vasco en sus inventarios, las emisiones asociadas a la electricidad importada). El consumo de energía primaria en la CAPV y Navarra también es significativamente superior, en términos per cápita, al español. Navarra supera, incluso, la media europea. El consumo energético final en la CAPV también supera la media europea, y Navarra supera, incluso, el consumo final per cápita de Alemania. El consumo energético per cápita en el Estado, por otra parte, es un 30% inferior al alemán; la brecha es similar al comparar España y Alemania en términos de PIB per cápita.

De estos datos debemos concluir una idea: aunque la CAPV y la CFN forman parte del Estado Español, la realidad productiva y energética de Hego Euskal Herria es mucho más próxima a la media europea, e incluso a la de un Estado como Alemania. La CAPV y Navarra son sociedades muy industrializadas, tal y como se refleja también en el alto consumo eléctrico per cápita en la CAPV y Navarra, muy superior incluso al de Alemania.

Tal y como veremos más adelante, la Unión Europea tiene marcados objetivos y previsiones de reducción de emisiones y consumos energéticos para las próximas décadas. Los sacrificios para el logro de estos objetivos acostumbra a repartirse de forma solidaria entre los Estados miembros, en función de su

grado de desarrollo económico. Así, mientras que el Protocolo de Kyoto marcaba para los Estados de la UE15, incluido España, un objetivo de reducción del 8% de las emisiones de GEI para el periodo 2008-2012, la solidaridad interna de la Unión Europea permitía a España aumentar sus emisiones en un 15%, mientras que Alemania debía lograr una reducción del 21%.

De cara a los futuros esfuerzos de reducción de emisiones y de consumo de energía, por tanto, parece claro que nuestras referencias en la CAPV y Navarra deben ser Europa y otros países como Alemania en mucha mayor medida que España. El Gobierno Vasco, por ejemplo, ha planteado durante la última década un objetivo de reducción de emisiones de GEI asociado al cumplimiento con Kyoto que permitía aumentar las emisiones en un 14%, tan solo un punto por debajo del objetivo de la UE para España. Hubiera sido inaceptable mantener el objetivo en el mismo nivel que España, dados los muy superiores niveles de emisión de GEI en la CAPV con respecto al Estado; pero es ridículo reducir el objetivo en tan solo un punto (+14%, frente a +15% para España), cuando la media europea (UE15) de reducción es de -8%.

Si atendemos al consumo energético por sectores, destaca claramente la desmesura del consumo per cápita en transporte, en la CAPV un 30% superior a la media europea, y



Tabla 1
Comparativa de indicadores energéticos de la CAPV y CFN con el entorno europeo (Fuentes: EVE 2012, 2013; Gobierno de Navarra 2012 a, b; Gobierno Vasco 2013; EEA 2013; IEA 2013b).

Indicadores (unidades)	UE27	Alemania	España	CAPV	CFN
PIB/cápita (€ 2011/cap)	25.234	31.925	22.421	30.877	29.671
Emisiones CO ₂ /cápita (t CO ₂ -eq/cap)	9,06	11,2	7,51	9,56	10,02
Suministro primario/cápita (tep/cap)	3,29	3,81	2,69	3,06	3,59
Consumo final/cápita (tep/cap)	2,28	2,70	1,90	2,42	3,17
Consumo eléctrico/cápita (MWh/cap)	5,51	6,38	5,14	7,71	7,53
Consumo eléctrico en edificios/cápita (MWh/cap)	3,2	3,24	3,35	2,99	3,09
Consumo en transporte/cápita (tep/cap)	0,63	0,66	0,69	0,81	1,21
Aportación de energías renovables en suministro primario (%)	10,64	11,28	11,10	5,63	16,50
Aportación de energías renovables en el consumo final (%)	13,0	12,3	15,1	7,8	21,0
Tasa de autoabastecimiento (%)	48,67	39,84	25,31	5,80	16,50

La tabla 1 recoge diversos indicadores que nos permiten comparar el contexto energético de Hego Euskal Herria con nuestras referencias más directas en Europa: España, la UE27 y Alemania.

más del 90% superior en Navarra. Estos niveles de consumo están absolutamente injustificados², si además tenemos en cuenta la limitada extensión de nuestro territorio y las altas densidades de población que soporta, muy

superiores a la media europea en el caso de la CAPV.

El consumo de electricidad también es muy alto en la CAPV y Navarra. Esto está relacionado con el hecho de que nuestra sociedad está muy industrializada, y por tanto electri-



cada. Llama la atención, sin embargo, que en términos per cápita el consumo eléctrico sea superior al alemán. El consumo eléctrico en los edificios, tanto residenciales como de servicios, es también muy elevado, si tenemos en cuenta las buenas condiciones climáticas de nuestro territorio. Todo ello apunta a un importante margen para la mejora de la eficiencia en los consumos eléctricos.

El consumo de electricidad, y sobre todo los consumos en el transporte, deben ser los dos principales focos de atención para reducir el consumo de energía en Hego Euskal Herria.

La enorme dependencia energética de Euskal Herria

El logro de la sostenibilidad energética pasa, ineludiblemente, por un aumento muy significativo del aprovechamiento de los flujos de energía renovable: energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica, biomasa, energía del mar. Esta aportación de origen renovable se acostumbra a medir en dos puntos diferenciados: el suministro primario de energía, y el consumo final. En 1997, la Comisión Europea propuso que la aportación de los flujos de energía renovable en el suministro primario de la UE se duplicará hasta llegar al 12% en 2010 (UE, 1997). A partir de 2009, sin embargo, la aportación de la energía renovable en Europa se mide en el consumo bruto final. Ese año la

Unión aprobó la Directiva 2009/28/CE de fomento de las energías renovables, que fijaba como objetivo el logro de una aportación del 20% en el consumo bruto final en 2020. Entre otros factores que impulsaron este cambio metodológico, seguramente no es menor el hecho de que la aportación de la electricidad renovable es significativamente mayor en el consumo bruto final que en el suministro primario –tal y como puede verse en la tabla 1, mientras que la aportación renovable en el suministro primario de la UE27 era del 10,64% en 2011, la misma aportación en el consumo final ascendía al 13%–. Este cambio metodológico permite, también, computar como consumo renovable la energía importada de origen renovable –por ejemplo electricidad, y sobre todo la biomasa utilizada como materia prima para fabricar biocarburantes–.

En 2011 tan solo Navarra cumplía con el objetivo fijado para 2010 en el suministro primario, y para 2020 en el consumo bruto final. Esta situación, sin embargo, dista mucho de ser positiva, ya que la dependencia de la energía no renovable asciende al 80% en Navarra, y sobrepasa el 95% en el sector del transporte. La situación es aún más grave en la CAPV; más, incluso, de lo que refleja el supuesto 7,8% de aportación renovable al consumo final, ya que casi dos puntos porcentuales de ese 7,8% se corresponden con el consumo en el sector de transporte de biocarburantes



fabricados a partir de biomasa importada –la sostenibilidad de los biocarburantes consumidos en el transporte es, además, discutida a todos los niveles (Bueno, 2012a; FAO, 2013)–. Por otro lado, otros tres puntos porcentuales de este consumo final de energía renovable están ligados a la valorización energética –en forma de electricidad, y sobre todo calor– de los residuos madereros generados en el potente sector papelero vasco. En la CAPV el aprovechamiento de los flujos de energía renovable no solo es muy limitado, sino que además se sustenta en gran medida en energía importada (biocarburantes) y para alimentar dos sectores con un modelo de explotación claramente industrial y de discutible sostenibilidad en sus parámetros actuales: el productor de biocombustibles y el sector del papel y derivados³.

El indicador energético que conlleva mayor gravedad para Euskal Herria es, sin embargo, el de la tasa de autoabastecimiento energético. En la Unión Europea la tasa de autoabastecimiento ronda el 50%, y la preocupación transmitida de forma reiterada por la Unión es enorme, al esperarse que esa tasa se pueda reducir al 25% en las próximas décadas. La tasa de autoabastecimiento de España, sin embargo, ya era del 25% en 2011. Y esa tasa es superior, incluso, al nivel de autoabastecimiento de Navarra –o soberanía energética–, que se sitúa por debajo del 17%. En el caso

de la CAPV la soberanía energética se reduce aun más, situándose por debajo del 6%. La dependencia energética de la CAPV es prácticamente total; en Navarra es un poco menor, pero también terriblemente preocupante. Alemania, e incluso España, presentan mejores indicadores que Hego Euskal Herria.

2

La política energética de las administraciones autonómicas vascas en el contexto europeo

A principios de 2007 la Comisión Europea presentó un paquete integrado de medidas relacionadas con la energía y el cambio climático. Esta propuesta, además de profundizar en la liberalización e integración de los mercados energéticos europeos, marcaba dos objetivos importantes para el año 2020. La Comisión proponía que la Unión Europea redujera la emisión de GEI en al menos un 20% en ese año, o incluso un 30% con respecto a los niveles del año de referencia, 1990, si fuera posible alcanzar un nuevo acuerdo global que obligara a ello a los países desarrollados. De forma complementaria, la Comisión proponía que las energías renovables cubrieran el 20% del consumo final bruto de energía en 2020, y el 10% del consumo de carburantes en el sector del transporte (UE, 2007). A estos objetivos se unía un tercero, ya



planteado por la Comisión en su Plan de acción para la eficiencia energética (2006), según el cual la mejora sustancial de la eficiencia energética en los diversos sectores económicos debería suponer en 2020 un ahorro del 20% de la energía que de otra forma se consumiría ese año –y que equivaldría al 14,3% de la energía consumida en 2005–.

Este paquete de medidas se conoce popularmente como *Apuesta 20/20/20 para 2020*. Casi desde su aprobación, la Unión Europea ha admitido la dificultad del cumplimiento de estos objetivos –especialmente el referente a la eficiencia energética– si no se acometen medidas suplementarias en el futuro. Además, la Unión también ha constatado que estos objetivos son insuficientes para hacer frente al problema energético y climático sin otros más ambiciosos para las siguientes décadas. Seguramente por todo ello, en marzo de 2011 la Comisión dio un nuevo paso con la comunicación de su *Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050* (UE, 2011a). En ella, la Comisión asumía el objetivo de que las emisiones en la Unión en 2050 deberían reducirse entre el 80 y el 95% con respecto a los niveles de 1990, como medida coherente con una reducción mundial del 50%. Posteriormente, en diciembre del mismo año la Comisión recogió su posición con respecto a la política energética para las próximas décadas en la *Hoja de ruta de la energía para*

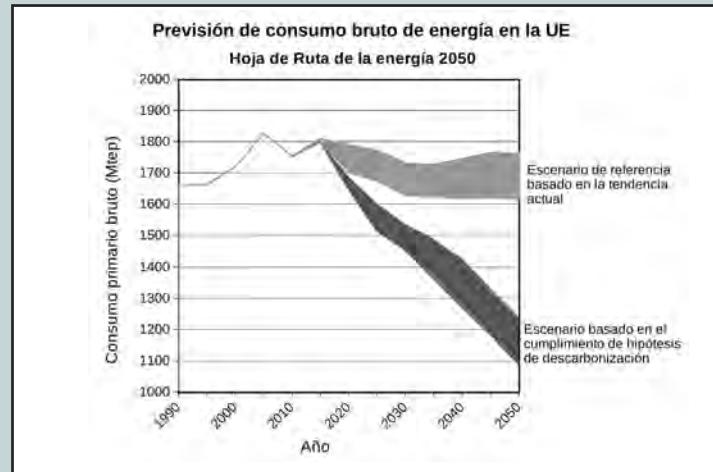
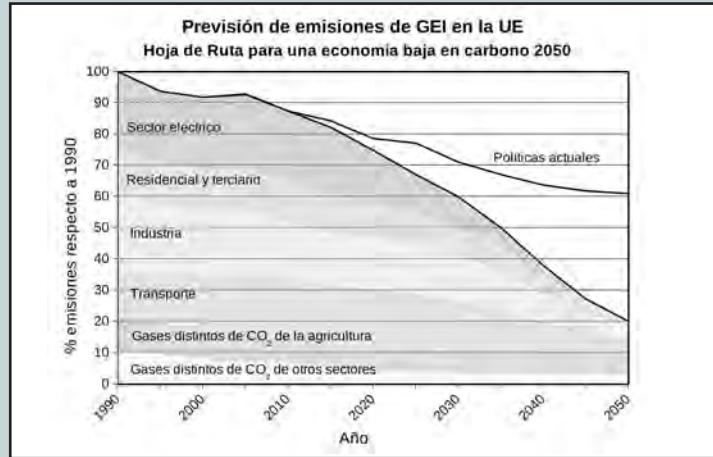
2050 (UE, 2011b), planteando abiertamente un horizonte de descarbonización del sistema energético y de la economía europeos.

Esta Hoja de ruta reconocía que en la actualidad no hay indicaciones adecuadas sobre el camino que ha de seguir la política energética después de 2020 para lograr la descarbonización de la economía. Para tratar de cubrir esta deficiencia, la Hoja de ruta exploraba los posibles escenarios que pueden permitir cumplir con los objetivos de reducción de emisiones en 2050 en la Unión –entre el 80 y el 95%–, e identificaba los retos. Este ejercicio prospectivo de la Comisión Europea se puede sintetizar en el siguiente **relato sobre una Europa con una economía descarbonizada en 2050**:

“Es posible un sistema energético seguro, competitivo y descarbonizado en Europa en el año 2050. Durante las próximas décadas el crecimiento del PIB será moderado pero sostenido. En 2020 se cumplirán los objetivos ya planteados. Más adelante se lograrán también altos índices de ahorro y eficiencia energética, especialmente en los edificios, pero también por parte de las empresas de gas y electricidad. En 2050 la demanda energética final se reducirá en un 41% con respecto al máximo de los años 2005-2006. Habrá una gran diversificación de tecnologías de suministro, con una madurez que les permitirá funcionar en



Figura 2
Previsión de emisiones de GEI y de consumo bruto de energía primaria en la Unión Europea hasta 2050, según las Hojas de Ruta 2050 de la UE (2011a,b).



el mercado sin apoyos específicos. Las tasas sobre las emisiones de CO₂ impulsarán la descarbonización del sistema energético. Existirá una altísima penetración de las fuentes de energía renovable, que podrán llegar a cubrir el 75% del consumo final bruto de energía, y el 97% de la demanda final de electricidad. El sistema eléctrico estará prácticamente descarbonizado. La generación eléctrica nuclear y la captura y almacenamiento de carbono supondrán aportaciones que podrán ser variables según los escenarios concretos, pero de ninguna forma despreciables.

El sistema energético cambiará de forma sustancial, y se requerirán enormes inversiones económicas, que deberán realizarse en un contexto de incertidumbre. Pero la descarbonización es posible. El nuevo sistema energético presentará unos gastos de capital bastante más elevados, pero con costes de combustible más bajos. El agotamiento de los combustibles fósiles hará que el nuevo sistema pueda ser menos costoso a largo plazo que las políticas actuales, basadas en los combustibles fósiles, cada vez más escasos. La electricidad desempeñará un papel de creciente importancia, fundamentalmente porque las energías renovables se explotan

sobre todo para generar electricidad. Así, la electricidad llegará a suponer casi el 40% de la demanda final de energía en 2050 –muy por encima del 21% que suponía en 2011–, incluido el 65% del transporte en vehículos ligeros. El sistema de generación eléctrica deberá estar descarbonizado en el 96-99% en 2050. Todo esto hará que los precios de la electricidad suban hasta 2030, pero seguramente bajarán después. El gasto energético en los hogares también aumentará hasta el 15-16% del total. La mayor producción a partir de fuentes de energía renovable exigirá una gran descentralización del sistema energético y mucha coordinación y colaboración con los grandes sistemas centralizados de generación, principalmente centrales nucleares y grandes centrales de gas con captura y almacenamiento de carbono.

El futuro también estará plagado de retos. Será fundamental no solo el ahorro de energía, sino también la contención de la demanda. Los edificios deberán tener un consumo neto de energía casi nulo gracias a las medidas de eficiencia energética y la integración de generación renovable. El sistema energético debe hacerse renovable, lo que requerirá, además de grandes inversiones,



apoyo a la investigación, industrialización y producción de las tecnologías que explotan los flujos renovables. También serán cruciales las tecnologías de almacenamiento de energía, las que suministran calefacción y refrigeración de origen renovable, y las que suministran combustibles alternativos a los derivados del petróleo en el transporte. El gas natural será fundamental en el proceso de transformación, y las fuentes autóctonas de gas no convencional pueden aliviar las importaciones de gas. La captura y almacenamiento de carbono debería estar disponible a partir de 2030 a pleno rendimiento, y la tecnología en 2020. La energía nuclear es una opción de descarbonización. Desde el punto de vista tecnológico diversos elementos se mantienen abiertos, por lo que son importantes los programas de I+D. Los mercados interiores de energía —gas, electricidad— deberán adaptarse al nuevo sistema energético descarbonizado, con diferentes actores en el mercado y estructuras de costes, incluyendo la tarificación de las emisiones de carbono. El nuevo sistema exigirá cuantiosas inversiones para nuevas infraestructuras y más flexibles que las actuales, dadas las características de la generación de origen renovable. Habrá que aumentar todavía más la capacidad de interconexión entre países,

mejorar el transporte de energía a larga distancia, crear infraestructuras para el CO₂ y el almacenamiento de electricidad, etc.”

Diversos elementos de este relato resultan muy discutibles para quien escribe estas líneas. Junto a la enorme fe en los mecanismos de mercado, por ejemplo para regular la reducción de emisiones de CO₂, la Hoja de ruta asume la viabilidad económica, medioambiental y tecnológica de la energía nuclear, de la captura y el almacenamiento de carbono, y de la explotación a gran escala de hidrocarburos no convencionales. Por otro lado, aunque reconoce la necesidad de grandes inversiones, las sitúa en un contexto socioeconómico de moderado crecimiento que las harían viables. De cualquier forma, el nuevo relato energético de la Unión Europea sí introduce elementos novedosos que parecen fundamentales, especialmente de cara a su concreción en las políticas energéticas en ámbitos territoriales inferiores, como es el caso de las administraciones vascas:

- La economía debe descarbonizarse en el corto-medio plazo —en el ámbito energético 35-40 años no es largo plazo, ya que esa es la vida útil de muchas grandes infraestructuras, e incluso mayor—, de cara a poder prácticamente eliminar las emisiones de CO₂ a la atmósfera no mucho más allá de 2050.



- . La energía consumida tiene que ser fundamentalmente de origen renovable, y bajo la forma de electricidad.
- . El consumo de energía debe reducirse de forma sostenida en términos absolutos; el cénit de consumo de energía primaria, en Europa, lo dejamos atrás en 2006.

Estructura del consumo energético en la CAPV y Navarra.

La Estrategia Energética de la CAPV y el Plan Energético de Navarra

Los vaivenes de la actividad económica tienen un reflejo directo en el suministro primario de energía de las últimas dos décadas. Tanto en la CAPV como en Navarra, la evolución del suministro primario muestra tanto el estancamiento de los primeros años de la década de los 90, como el período de recesión económica posterior a 2008. La transformación del suministro primario de energía durante las dos décadas que van desde 1991 hasta 2012 se resumen en dos elementos destacados:

- . Aumento sustancial del consumo primario de energía, del 23% en la CAPV –aunque en 2005 el aumento superó el 44%– y del 85% en Navarra –que llegó a ser del 129% en 2005–.
- . Enorme aumento del consumo de gas, no solo en términos absolutos, sino tam-

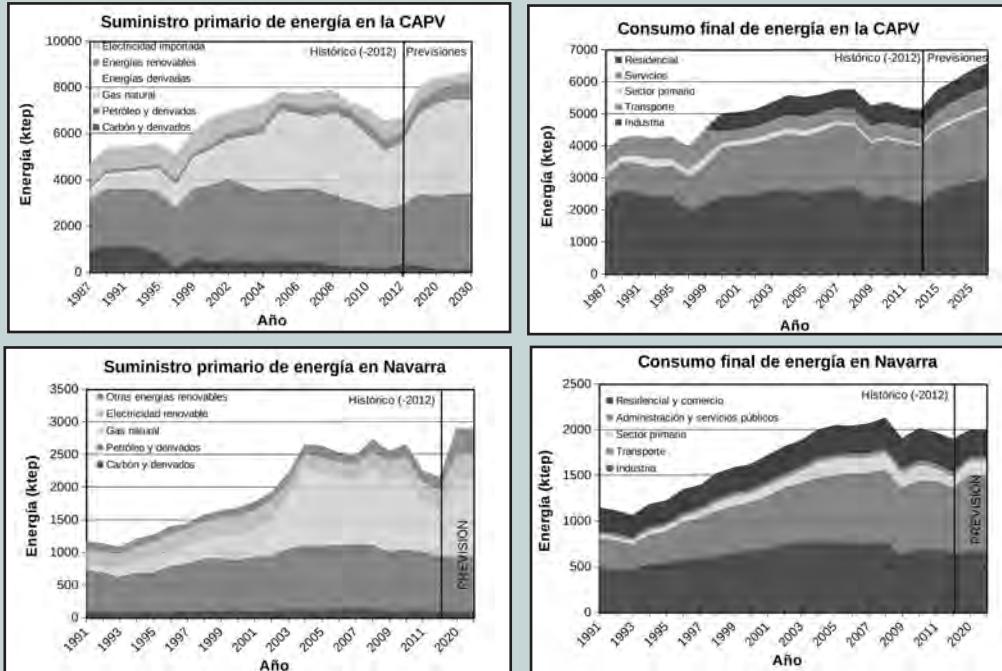
bién relativos dentro de la mezcla total. Desde 1990 el consumo de gas se ha multiplicado por diez en Navarra, hasta suponer el 34,1% del suministro primario total. El máximo, sin embargo, se dio en 2004, cuando alcanzó un peso relativo del 45,4%. En la CAPV el suministro primario de gas natural se ha multiplicado por cuatro hasta suponer el 39,8% del total; el máximo se alcanzó en 2005, con un peso relativo del 42,8%.

El consumo de petróleo nunca ha bajado de los niveles de hace dos décadas, y en Navarra, de hecho, se mantiene un 30% mayor. El único vector energético cuya demanda se ha reducido es el del carbón en la CAPV, a causa de la reconversión industrial. También se ha reducido la importación de electricidad en la CAPV, a causa del enorme aumento de capacidad de generación en ciclos combinados, alimentados con una parte significativa del nuevo flujo entrante de gas natural –entre Zabalgarbi, los dos ciclos combinados del puerto de Santurtzi y el ciclo de Boroa suman una capacidad de 2,1 GW–.

En lo que respecta a la estructura del consumo final por sectores, al tiempo que se constata nuevamente la influencia de los vaivenes de la actividad económica, destaca en las dos comunidades el enorme crecimiento del consumo energético en el sector del trans-



Figura 3
Suministro primario y consumo final de energía en la CAPV y la CFN.
Datos históricos hasta 2012, y previsiones de los planes energéticos de la CAPV
(hasta 2030) y Navarra (hasta 2020). (Hasta 1999 el consumo final del sector
Servicios en la CAPV incluye el consumo del sector Residencial)



Mientras que la tabla 1 recogía diversos indicadores energéticos de la CAPV y Navarra para el año 2011, la figura 3 muestra la evolución del suministro primario de energía, desglosado por fuentes de energía, y el consumo final energético, desglosado por sectores, para las dos comunidades, durante los últimos 20-25 años hasta 2012. Los gráficos muestran, también, las previsiones de suministro y consumo energético hasta 2030 para la CAPV, y hasta el año 2020 para Navarra, bajo el supuesto del cumplimiento de los respectivos planes energéticos: la Estrategia Energética de la CAPV 2020 (Gobierno Vasco, 2012; también conocido como plan 3E-2020), y el III Plan Energético de Navarra horizonte 2020 (Gobierno de Navarra, 2011).

porte. El consumo del transporte en la CAPV en 2012 era un 91% superior al de dos décadas antes, aunque en 2007 llegó a duplicarse. La evolución es aún más grave en Navarra, en donde el consumo ha aumentado un 117% en veinte años –un 140% en 2008–. De hecho, desde 2006 el sector de transporte en Navarra es el más consumidor de todos, superando incluso al sector industrial.

La evolución energética de la CAPV y Navarra durante los últimos veinte años se caracteriza, por tanto, por un gran aumento del consumo energético, con un enorme peso del gas natural desde el lado del suministro, y del sector del transporte desde el lado del consumo. Puede alegarse que el aumento del consumo está causado por el crecimiento económico. De hecho, el consumo de energía ha crecido a un ritmo menor que la actividad económica, tal y como se refleja en la evolución de la intensidad energética de la economía, que se ha reducido en el período 2000-2011 un 15% en la CAPV y el 8,3% en Navarra. En países como Alemania, sin embargo, la intensidad energética se ha reducido aun más, casi el 20%. Y no debemos olvidar que estos aumentos de consumo energético se han dado en dos territorios con un enorme grado de dependencia energética exterior, al ser la autosuficiencia energética el 16,5% en Navarra, y el 5,8% en la CAPV.

El suministro de energía autóctona en Hego Euskal Herria es casi exclusivamente renovable. Pero en la CAPV tiene un carácter casi residual –el 5,6% del suministro primario en 2011– y con un peso demasiado importante de la valorización de residuos de origen orgánico⁴. En Navarra las energías renovables llegan a cubrir el 16,5% del suministro primario, sobre todo en forma de electricidad generada en parques eólicos, y en menor medida en presas hidroeléctricas y plantas fotovoltaicas. Pero este suministro eléctrico renovable ha sido, de hecho, desde 2003 y hasta 2010, inferior al proporcionado por los ciclos combinados alimentados con gas natural en Castejón.

Porque la gran apuesta eléctrica de la última década en la CAPV y Navarra ha sido la puesta en marcha de un importante parque de ciclos combinados de gas natural: 2,1 gigavatios de capacidad en la CAPV, y 1,2 gigavatios en Navarra. Esta enorme capacidad de generación eléctrica justifica una parte muy importante del aumento del suministro de gas natural en Hego Euskal Herria, y de su caída desde 2008. También puede comprobarse en las gráficas de la figura 3 que las caídas del suministro de gas natural a partir de 2008 han tenido un reflejo más moderado en el consumo final. Esto se ha debido a que gran parte de esta generación eléctrica ha estado orientada a la exportación (es el caso de Navarra) o a la sustitución de importaciones (CAPV).



Desde el año 2000 hasta la actualidad el parque de generación eléctrica del Estado se ha duplicado, con un aumento neto de 49,6 GW. Este aumento se debe casi íntegramente a los nuevos parques eólicos puestos en marcha (20,7 GW), por un lado, y por otro a los nuevos ciclos combinados (25,3 GW). La grave crisis económica posterior a 2007 ha dado lugar a una importante contracción de la demanda de energía eléctrica, en torno al 5% desde 2008, que no impidió que se siguieran instalando casi 5 GW más de ciclos combinados, junto a casi 10 GW más de generación renovable (eólica, fotovoltaica y termoeléctrica).

La ampliación del parque de ciclos combinados ha sido la gran apuesta del sector energético vasco y del Estado. Esta apuesta ha contado con el apoyo institucional, pero se ha mostrado como una apuesta fallida. El gran aumento de la generación renovable, que al tener carácter de no gestionable disfruta de prioridad de venta en el mercado eléctrico, ha forzado una importante caída de las horas de funcionamiento de los ciclos combinados en el Estado. Los ciclos combinados de Navarra, por ejemplo, pasaron de tener un funcionamiento anual equivalente a la potencia nominal de 3.000 horas en 2009 a 1.700 horas en 2010, 1.000 horas en 2011 y de tan solo 700 horas en 2012 (REE, 2013). Por otro lado, el gas natural se paga desde hace diez años

cada vez más caro en los mercados internacionales. El coste CMP del gas natural para el mercado a tarifa español viene subiendo de forma relativamente constante desde 18 €/MWh a principios de 2010 hasta el entorno de 30 €/MWh en 2013 (más adelante, figura 4; CNE, 2013). Pero este aumento del coste no está acompañado por un aumento del precio de venta de la electricidad en el mercado diario, entre otras razones porque la gran oferta de electricidad renovable fuerza precios de casación más bajos –en el período febrero-abril de 2013, por ejemplo, durante varias horas de bastantes días el precio de casación fue nulo, es decir 0 €/MWh (OMIE, 2013)–. Todos estos elementos se resumen en una idea: los ciclos combinados ya no son el negocio económico redondo que algunos preveían, y no está nada claro que vuelvan a serlo en el medio plazo.

De cara a la próxima década, las administraciones vascas parecen hacer caso omiso de las lecciones de los últimos años con respecto al gas natural, y sobre todo de las líneas generales de acción marcadas por la Unión Europea y señaladas más arriba: descarbonización, contención de la demanda, impulso a la electricidad de origen renovable. En el caso de Navarra, el III Plan Energético prevé recuperar para el año 2020 el nivel de consumo final de los años 2004-2005, aunque en este caso con mayores consumos en el



sector de transporte (42%) que en el sector industrial (33%). En lo que respecta al suministro de energía primaria, el gas natural debería cubrir el 40% del total en Navarra en 2020. Más de la mitad de este flujo de gas natural, sin embargo, se consumiría en unos ciclos combinados que volverían a funcionar a pleno rendimiento, y que generando 4,5 TWh de electricidad cubrirían el equivalente al 97% de la electricidad que la Comunidad exportaría ese año.

En lo que respecta a la CAPV, el plan 3E-2020 prevé aumentar de forma sostenida el consumo final, superando en 2015 el céntim de consumo del año 2008, y llegando a superarlo en un 14% en 2030. Con respecto a 2011 el consumo final aumentaría en más del 25%, y en los sectores de transporte y residencial más que en el resto de sectores. En lo que respecta al suministro primario las previsiones del Gobierno Vasco mantienen una dependencia casi absoluta de los combustibles fósiles, ya que el 38% del suministro primario se cubriría con petróleo y derivados, y un sobrecogedor 46% correspondería al suministro de gas natural. Las energías renovables seguirían manteniendo un papel absolutamente residual en la CAPV en la década 2020-30, y en Navarra su peso, aunque no despreciable, sobre todo en la generación eléctrica, sería todavía inferior al del gas natural.

Debe subrayarse que las previsiones energéticas de las administraciones vascas divergen radicalmente de las líneas marcadas por la Unión Europea, que persigue una descarbonización general de la economía, especialmente del sistema eléctrico, acompañada de sostenidas reducciones del consumo energético primario. Mientras tanto, los gobiernos autonómicos de la CAPV y Navarra prevén no sólo aumentar el consumo por encima de los niveles máximos anteriores a la crisis de 2008, sino también hacerlo apoyados en una cada vez mayor dependencia en unos combustibles fósiles importados, y en el gas natural en el caso de la generación eléctrica.

En este punto es necesario hacer una referencia al impacto medioambiental de la generación eléctrica en los ciclos combinados. Si atendemos al nivel de emisiones de CO₂ de las unidades de generación eléctrica, que es un buen indicador de su impacto ambiental global, puede comprobarse que hasta bien superado el cambio de siglo las emisiones del sector eléctrico del Estado se han mantenido por encima del nivel de emisiones que tradicionalmente se asigna a los ciclos combinados, en torno a 370 g CO₂/kWh (CO2ScoreBoard, 2013) –los mayores niveles de emisión se dieron a principios de los 80, cuando se superó el nivel de 600 g CO₂/kWh–. En esa coyuntura la puesta en marcha de centrales de ciclo combinado



podía suponer una mejora medioambiental, si por ejemplo sustituían centrales termoeléctricas de carbón, que presentan un impacto medioambiental muy superior. Desde mediados de la pasada década, sin embargo, el nivel de emisiones de CO₂ del sistema eléctrico español se ha mantenido por debajo del nivel de emisiones de los ciclos combinados; de hecho, el nivel correspondiente al año 2013 es de 236 g CO₂/kWh, más de un 30% inferior (REE, 2014). Esta bajada de las emisiones asociadas a la generación eléctrica se debe en gran medida al importante avance de la electricidad de origen renovable en la mezcla eléctrica del Estado –en 2013 aportaron el 42,4% del total–, que podría ser mayor si no fuera por la clara voluntad del gobierno español de eliminar los apoyos a la generación eléctrica renovable. Existe un gran margen para reducir aún más el impacto medioambiental de la generación eléctrica, fundamentalmente sustituyendo el parque de generación nuclear y parte del parque de ciclos combinados mediante generación renovable; esta evolución, además, es la más coherente con los objetivos de descarbonización del sistema eléctrico en Europa.

La generación eléctrica en Hego Euskal Herria pretende seguir el camino contrario, al hacer una apuesta desmesurada por los ciclos combinados. Es especialmente llamativa la previsión para Navarra, que plantea

exportar, en 2020, una cantidad de electricidad prácticamente equivalente a la generada en los ciclos combinados. Esa electricidad, sin embargo, presentaría un nivel de emisiones de CO₂ –y un impacto ambiental global– sin duda muy superior al de la mezcla eléctrica estatal, y unos costes económicos más altos. Parece lógico suponer, por tanto, que en el futuro la coyuntura energética avanzará seguramente por el mismo camino que a día de hoy mantiene prácticamente parados los ciclos combinados navarros.

La política energética de las administraciones en Hego Euskal Herria se podría sintetizar en el siguiente **relato de la visión energética de las administraciones autonómicas para las próximas décadas**:

“La política energética europea presenta, desde hace más de una década, un triple objetivo: competitividad, seguridad de suministro y protección del medio ambiente. Las administraciones vascas hacemos de la seguridad del suministro la piedra angular de nuestra política energética. El nuestro es un país pequeño, con una capacidad de suministro autóctono muy reducida, aunque mayor en Navarra que en la CAPV, donde la dependencia energética es total. Aun siendo conscientes de que en el futuro debamos apretarnos el cinturón, la futura escasez de recursos energéticos puede



no obligarnos a reducir tanto nuestros consumos si somos capaces de garantizar un suministro que, por otro lado, dado nuestro pequeño tamaño, puede pasar relativamente desapercibido dentro de un descenso generalizado de la demanda en Europa y occidente.

A esto debemos añadirle que nuestro sistema energético está completamente integrado en el sistema español. Dado que el nivel de desarrollo de España se sitúa por debajo de la media europea, los objetivos europeos son más permisivos con la evolución de diversos indicadores (emisiones de CO₂, niveles de consumo) en España que en los países más avanzados de Europa, y nosotros podemos aprovecharnos de ello⁵.

De cualquier forma, el principal foco del problema medioambiental y de agotamiento de recursos en el mundo son los grandes países, China y los países emergentes, no la CAPV ni Navarra.

Nosotros tenemos que estar muy preocupados por garantizar nuestro propio suministro, y la mejor manera consiste en centrarnos en la transformación de los recursos energéticos, mediante las infraestructuras adecuadas para ello. En este ámbito, Hego Euskal Herria está muy bien posicionada.

La CAPV dispone de una de las mayores plantas de refino del Estado, Petronor, adaptada para procesar de forma óptima, en su nueva Unidad de Reducción de Fuelóleo (URF) –también conocida como planta de coque–, los crudos más pesados y de menor calidad que serán cada vez más abundantes en el futuro. La mayor parte de los derivados producidos en esta planta serán exportados fuera de la comunidad, pero es de suponer que esto garantice un mínimo de suministro local a precios asequibles. Algo similar sucede con el gas natural. La planta gasificadora de *Bahía de Bizkaia Gas*, situada en el puerto de Bilbao, con su capacidad para almacenar casi medio hectómetro cúbico de GNL (gas natural licuado), abastece de gas natural a la red gasista del Estado. Esta infraestructura es, también, una pieza fundamental del *Iberian Gas Hub* creado a mediados de la década. Este *hub*, con sede en Bilbao, es una nueva plataforma de compra-venta de gas natural para el sistema gasista ibérico, y coloca a la CAPV en el centro de la intermediación gasista.

Gran parte de ese gas que física o virtualmente pase por la CAPV servirá para alimentar nuestros ciclos combinados. Estos se configuran como otro de los



pilares de nuestra política energética. El gas natural es una energía convencional más limpia⁶, y mediante nuestros ciclos combinados somos capaces de transformarlo, con un menor impacto ambiental, en la electricidad que necesitan nuestros ciudadanos e industrias. En Navarra, incluso, exportamos prácticamente toda la electricidad generada en los ciclos combinados, con los beneficios que eso implica para nuestras empresas.

Seguiremos haciendo esfuerzos para aumentar el uso de las energías renovables, y sobre todo el desarrollo tecnológico, ámbito en el que disponemos de centros tecnológicos de referencia. Las nuevas tecnologías renovables que estamos desarrollando (eólica marina, energías del mar) y otras iniciativas como el coche eléctrico, aunque no tienen grandes impactos inmediatos en nuestro balance energético, nos posicionan en primera línea de cara al futuro y son compatibles con lo realmente importante, nuestra prioridad, que es garantizar el suministro de 93 TWh de energía final en 2020 para que la CAPV y Navarra sigan avanzando.”

Zabalgarbi como modelo de una política energética fallida

La planta de Zabalgarbi es una infraestructura energética en la que se incineran gran parte de los Residuos Urbanos (RU) generados en Bizkaia. Zabalgarbi, sin embargo, es bastante más que una planta incineradora. Zabalgarbi es, entre otras cosas, una buena muestra de una política energética fallida.

Zabalgarbi es una instalación promovida por la administraciones públicas de la CAPV, con un 35% de accionariado público en el que destacan el EVE (10%) y la Diputación Foral de Bizkaia (20%). Localizada en las afueras de Bilbao, esta instalación es definida por sus promotores (EVE, 2001) como una planta de valorización energética de RU integrada con un ciclo combinado. Zabalgarbi es una planta de incineración que trajo consigo la puesta en marcha de uno de los primeros ciclos combinados de gas natural en Euskal Herria, en 2004⁷. El ciclo combinado de Zabalgarbi genera electricidad a partir de la combustión de gas natural –aproximadamente el 70% del flujo total de energía entrante–, al tiempo que aprovecha la energía térmica liberada en la incineración de los residuos –el 30% restante–. Según el folleto informativo de Zabalgarbi “el sistema [de Zabalgarbi] ... logra un mayor rendimiento eléctrico, consigue una alta eficiencia energética, un mayor desimpacto ambiental por kWh generado, una reducción



de las emisiones de CO₂, un ahorro de energía primaria, así como un menor coste del tratamiento y una mejor gestión de los recursos –RSU, gas y energía–. La gran “ventaja” de Zabalgardi, sin embargo, radicaba en que, al integrar un módulo de incineración de RU que funciona de forma continua, el ciclo com-

binado de Zabalgardi iba a funcionar, también, en continuo durante 8.000 horas al año.

Los casi diez años que esta planta lleva en funcionamiento nos permiten realizar una valoración de las supuestas mejoras ambientales y energéticas proporcionadas por Zabalgardi. Algunos indicadores se recogen

Tabla 2
Comparativa de algunos indicadores de Zabalgardi

ZABALGARBI		CONTEXTO A NIVEL DE ESTADO	
Rendimiento bruto global (%)	43,34	Rendimiento global de un Ciclo Combinado (CC)	55
Rendimiento neto (%)	40,69		
Emissiones de CO ₂ (2012) (g CO ₂ /kWh)	434,5	Emissiones de CO ₂ del mix eléctrico (2013)	236
		Emissiones de CO ₂ de un CC (REE)	370
Electricidad de origen renovable (2012) (%)	15	Electricidad de origen renovable del mix eléctrico (2013)	42,4
Funcionamiento anual equivalente (2012) a la Potencia Nominal (PN) (horas)	7.056	Funcionamiento anual equivalente (2013) a la PN del parque estatal de CC	988
Ingresos por ventas de electricidad en el mercado mayorista (2012) (M €)	34	Precio final medio en el mercado libre (2012) (€/MWh)	51,22
Coste del gas natural consumido (2012) (M €)	38,47		
Ingresos por primas y complementos del Régimen Especial (2012) (M €)	19,75	Primas del Régimen Especial recibidas por todas las plantas de incineración de incineración RU del Estado (2012)	52,8

Fuentes: Zabalgardi 2013; REE 2013,2014; OMIE 2013; CNE 2012,2013

en la tabla 2, donde se pueden comparar con otros del contexto actual en el Estado.

Zabalgardi es, ante todo, un ciclo combinado de gas natural, y como tal debe ser evaluado. Su rendimiento energético global apenas supera el 43%, muy lejos del 55% de otros ciclos combinados. Zabalgardi aprovecha, además, la energía térmica de los RU, pero este aprovechamiento es echado a perder casi totalmente por la pérdida de doce puntos de eficiencia en el consumo del gas natural. Llevar a otro ciclo combinado el gas natural que Zabalgardi consume proporcionaría casi la misma electricidad, sin tener que incinerar residuos.

El nivel de emisiones de CO₂ de la electricidad de Zabalgardi es un buen indicador de su impacto ambiental. Sus 434,5 g CO₂/kWh superan los 370 g CO₂/kWh de los ciclos combinados, y sobre todo el nivel de emisiones de la mezcla eléctrica en el Estado, de 236 g CO₂/kWh en 2013. En la actualidad, Zabalgardi empeora el nivel de emisiones de la red eléctrica, y éste mejora cuando Zabalgardi se para. Esto se debe a su peor eficiencia en comparación con el resto de ciclos combinados, y al hecho de que aproximadamente la mitad de los residuos incinerados en la planta son residuos de origen fósil (plásticos, por ejemplo) cuya combustión da lugar a emisiones de CO₂ no neutras. De hecho, debe subrayarse que tan solo un pequeño porcen-

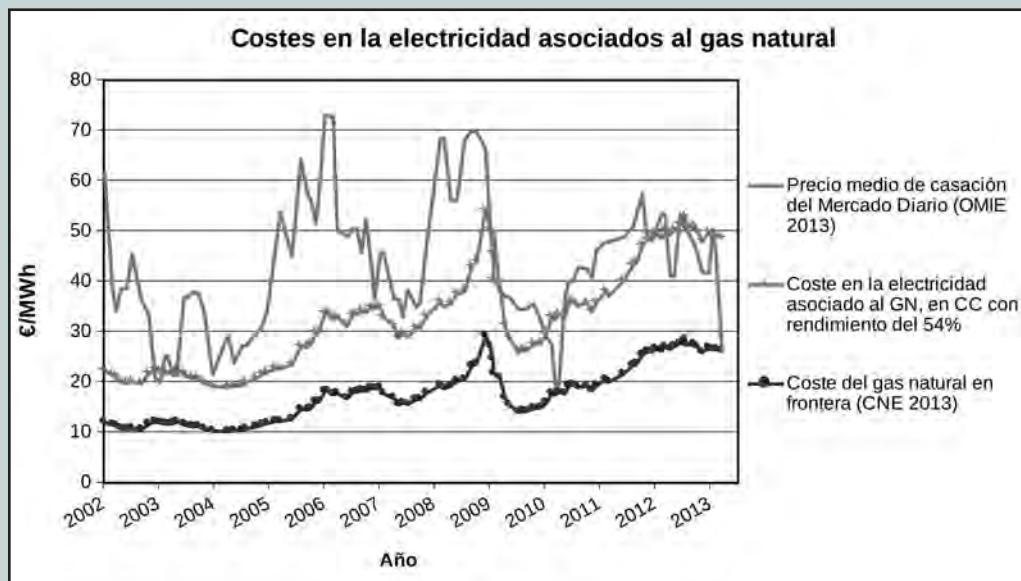
taje de la electricidad generada en Zabalgardi tiene la consideración de renovable, en torno al 15%. Ese porcentaje es el asociado a la fracción orgánica de los RU incinerados, ya que el resto del combustible y residuos es de origen fósil. Este porcentaje es muy inferior a la fracción de origen renovable en la mezcla eléctrica del Estado, que en 2013 ha alcanzado el 42,4%.

Una de las ventajas de los ciclos combinados es su gran capacidad de regulación, que les permite ajustar su potencia de generación con gran rapidez, para hacer frente a las variaciones de la demanda en la red. Esta no es, sin embargo, una de las características de Zabalgardi, ya que el módulo de incineración la obliga a funcionar en continuo: 7.056 horas equivalentes a la potencia nominal en 2012, frente a las 988 de media del parque de ciclos combinados en el Estado en 2013. En el caso de Zabalgardi esta necesidad de funcionar en continuo ha supuesto una clara virtud, ya que Zabalgardi se ha beneficiado desde su primer arranque, y hasta 2013, de las primas y complementos a las instalaciones del Régimen Especial. Pese a que Zabalgardi incinera en torno a la décima parte de los RU incinerados en el Estado, la planta recibe más de la tercera parte de las primas del Régimen Especial a las plantas incineradoras (19,75 M€ en 2012), gracias a que ese sistema de primas ha retribuido estos últimos años con 30 € cada



Figura 4

Coste del gas natural en frontera, repercusión en el coste de la electricidad en un ciclo combinado con un rendimiento del 54%, y precio medio de casación en el Mercado Diario (Fuentes: CNE 2013, OMIE 2013, elaboración propia)



La figura 4 muestra la repercusión del aumento del coste del gas natural en la generación eléctrica de los ciclos combinados. El coste de la electricidad asociado al consumo de gas natural ha tenido un aumento significativo durante la última década, especialmente en el bienio 2007-2008 y a partir de 2010. Este aumento de costes no ha ido acompañado de un aumento del precio de la electricidad en el mercado, en parte por la penetración cada vez mayor de la electricidad de origen renovable. La situación de los ciclos combinados parece especialmente grave a partir de 2012.

megavatio-hora de electricidad generado. Aunque debe subrayarse que en el caso de Zabalgarbi esa electricidad proviene, en un 70%, del aprovechamiento de gas natural en un ciclo combinado mucho menos eficiente que otros que no reciben ningún tipo de prima.

Esta coyuntura tan beneficiosa para Zabalgarbi, sin embargo, ha cambiado significativamente en los últimos años. La caída de la demanda de electricidad y el sobredimensionamiento del parque de generación, fundamentalmente de ciclos combinados, ha traído consigo un estancamiento del precio de la electricidad en el mercado libre, con ligeras caídas desde 2011 (OMIE, 2013). Por otro lado, el precio de la principal materia prima de Zabalgarbi, el gas natural, ha sufrido un aumento espectacular: casi ha triplicado su coste desde 2004, cuando la planta se puso en marcha.

La dudosa rentabilidad económica de los ciclos combinados también se refleja en el balance económico de Zabalgarbi del año 2012. Zabalgarbi ingresó ese año en torno a 34 millones de euros por la venta de electricidad en el mercado, una cantidad inferior a la que tuvo que pagar por el gas natural consumido en el ciclo combinado (38,47 M€). Pese al alto coste del gas natural, Zabalgarbi presentó en 2012 un resultado positivo de 1,7 millones de euros, para lo que resultaron fun-

damentales las primas y complementos del Régimen Especial (19,75 M€). En 2013 el gobierno central ha suspendido el sistema de primas al Régimen Especial, a sustituir por otro régimen retributivo de menor coste y todavía por definir, y que es de esperar que tenga un impacto negativo en las cuentas de Zabalgarbi.

Todo esto invita a pensar que, si el precio del gas natural se mantiene alto y el de la electricidad no aumenta significativamente, Zabalgarbi deberá replantear radicalmente su modelo de explotación en los próximos años, dada la insostenibilidad económica de su modelo de generación. Por otro lado, la electricidad generada en Zabalgarbi presenta, por kilovatio-hora generado, un impacto ambiental mucho mayor que la del resto de electricidad. Si a esto le añadimos que existen estrategias alternativas a la valorización energética de residuos basadas en su valorización material —como la estrategia puesta en marcha en Gipuzkoa en los últimos años— y más coherentes con la jerarquía de residuos impulsada por la Unión Europea, podemos concluir que la solución más sostenible para solventar el problema de Zabalgarbi pasa por su desmantelamiento.



Los objetivos de las administraciones vascas son claramente insuficientes para cumplir con Europa

La Unión Europea ha reconocido, en sus hojas de ruta para el año 2050, que los objetivos ya marcados para el año 2020 en materia de política sobre clima y energía son insuficientes para hacer frente al cambio climático. Recordemos que estos objetivos se sintetizan en el lema 20-20-20: 20% de reducción de emisiones con respecto a las del año 1990, 20% de aportación de flujos de energía renovable en el consumo final, y ahorro de un 20% del consumo bruto de energía, equivalente a una reducción del suministro primario del 14,3% con respecto al año 2005.

Las administraciones vascas, por su parte, hacen oídos sordos de las directrices que llegan de Europa. Pese a que nuestros niveles de renta y de consumo final medidos en términos per cápita son superiores a la media europea, en contra de los objetivos europeos de contracción del consumo en términos absolutos, el Gobierno de Navarra prevé que el consumo en ese territorio en 2020 sea un 10,2% superior al de 2005, y el Gobierno Vasco prevé que la CAPV consuma un 8,2% más que en 2005. En coherencia con lo anterior, las administraciones vascas tampoco prevén reducciones importantes de las emisiones de GEI: el Gobierno de Navarra prevé el estancamiento de las emisiones en 2020 en

los niveles del año 2009 –un 18% mayores que las emisiones de 1990– y el Gobierno Vasco prevé una reducción del 2% con respecto al nivel de 1990 –en 2011 las emisiones fueron ya, según el sistema de cómputo del Gobierno Vasco, un 3% inferiores al nivel de 1990⁸-. Es especialmente subrayable la enorme tibieza del Gobierno Vasco en sus planes y objetivos de lucha contra el cambio climático, que en momentos deriva incluso en una actitud casi negacionista⁹.

En lo que respecta a las energías renovables, el Gobierno de Navarra plantea como objetivo para 2020 cubrir con renovables el 32,3% del consumo final, al tiempo que subraya que el objetivo fijado por la Unión Europea es del 20%. Pero en este punto el Gobierno de Navarra también hace trampa. El objetivo europeo del 20% se materializa en un objetivo del 20% para España en 2020, pero del 30% para Dinamarca, del 34% para Austria y del 49% para Suecia. Dado el potencial de desarrollo de las renovables en Navarra, no es aceptable que el objetivo de referencia navarro sea el objetivo del Estado. En el caso de la CAPV, los objetivos del Gobierno Vasco se quedan en el 14% del consumo final, pero incluyendo un gran flujo de biomasa importada para fabricar y consumir biocarburantes, de sostenibilidad muy discutida.



3 Claves para un modelo energético sostenible

En los apartados anteriores hemos repasado los principales indicadores energéticos de Hego Euskal Herria, analizando su evolución en las dos últimas décadas. También hemos presentado los ejes de la política energética de las administraciones autonómicas, y hemos constatado que distan mucho de alinearse con los objetivos marcados por la UE, ya de por sí tibios. En este tercer apartado trataremos de recoger los elementos más importantes que debe considerar un modelo que aspire al logro de la sostenibilidad energética en nuestro país.

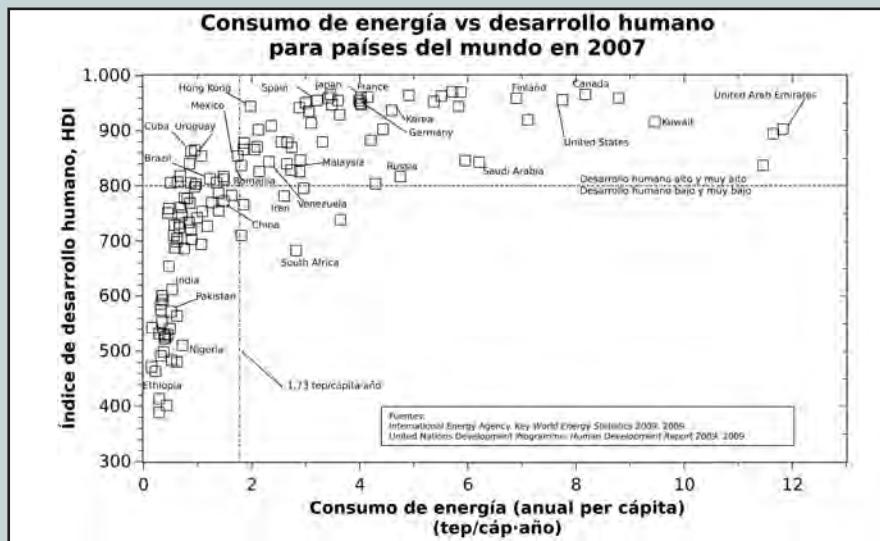
¿Qué nivel de consumo energético podemos considerar como sostenible? En otro lugar (Bueno, 2010) señalábamos, basados en estudios razonables del potencial de aprovechamiento de los flujos de energía renovable, que un suministro sostenible en el año 2050 podría cubrir en nuestro planeta un consumo primario de 1,73 toneladas equivalentes de petróleo (tep) por persona y año en el mundo¹⁰.

Este nivel de consumo es significativamente inferior al actual en Hego Euskal Herria (3,1 tep/cápita en la CAPV, 3,6 tep/cápita en Navarra); aun así, ¿podría ser suficiente para garantizar, en una sociedad adecuadamente

organizada, un nivel de desarrollo humano alto? La figura 5 muestra la relación entre el consumo energético y el desarrollo humano de los países del mundo en el año 2007. En el cuadrante inferior izquierdo del gráfico, de bajos consumos energéticos y bajos niveles de desarrollo humano, se observa una dependencia muy fuerte entre el consumo energético y el nivel de desarrollo. Esta dependencia, sin embargo, parece relajarse en la medida en que se supera un consumo energético mínimo, que se encontraría precisamente en el entorno del suministro sostenible que hemos estimado. Estos datos nos invitan a pensar que un nivel de consumo mínimo, cercano al que se podría suministrar de forma sostenible, es imprescindible para garantizar un nivel de desarrollo humano alto (HDI superior a 800). Mayores consumos de energía parecen favorecer mayores niveles de desarrollo humano; esta dependencia, sin embargo, no es tan fuerte en el cuadrante superior derecho de la gráfica, en el que el logro de altos niveles de desarrollo parecen depender mucho más de otras circunstancias como el clima, y sobre todo de la forma de organización interna de las sociedades. Un suministro sostenible de energía en torno a 1,7 tep por persona y año sí podría ser suficiente para garantizar unas condiciones de vida dignas a todas las personas en una sociedad adecuadamente preparada y organizada.



Figura 5
Relación entre consumo energético per cápita y desarrollo humano para los países del mundo en 2007 (Fuente: Bueno, 2007;2010).



El suministro sostenible de energía por nosotros considerado implica, de hecho, un nivel de consumo energético en términos per cápita que es sólo un 20% inferior al previsto por la Hoja de ruta de la energía de la UE para el año 2050. Recordemos los principales elementos de esta Hoja de ruta:

- El consumo de energía debe reducirse de forma sostenida en términos absolutos, hasta bajar en el año 2050 por debajo

del 60% del consumo primario de 2006.

- La economía debe sufrir una profunda descarbonización, ya que las emisiones de GEI deben reducirse en más del 80% –y quizás hasta el 95%– con respecto a los niveles de 1990.
- La energía consumida será fundamentalmente de origen renovable, y el consumo eléctrico tendrá un peso mucho más

importante que el actual, ya que la apropiación más adecuada de los flujos renovables se realiza en forma de electricidad.

Por tanto, el primer elemento que debemos asumir para hacer sostenible nuestro modelo energético es una significativa reducción, en términos absolutos, de nuestros consumos directos de energía. Esta reducción sería, además, tan significativa –superior al 40% en el suministro primario– que debería afectar, en mayor o menor medida, a todos los sectores demandantes de energía en la economía (industria, transporte, sector primario, servicios, hogares). Las mejoras de eficiencia energética permiten reducir el consumo primario de energía sin reducir el consumo final¹¹. Pero las reducciones del consumo primario que debemos acometer en las próximas décadas son tan importantes que una reducción del consumo final es, también, inevitable.

Reducir el consumo final de energía en el transporte, en los edificios y en la industria

El sector del transporte

En otro estudio (Bueno, 2012b) analizamos, partiendo de las estadísticas proporcionadas por la administración de la CAPV en relación

al transporte y el consumo de energía para 2008, diversos escenarios que permitirían reducir significativamente el consumo de energía y las emisiones de GEI en el transporte en la CAPV. En ese estudio constatamos que el único escenario que garantizaría reducir los consumos y las emisiones en un 80%, para así poder cumplir con los objetivos planteados por la UE para el año 2050, es el que asume todas las vías disponibles para reducir el consumo de energía y emisiones: no solo mejoras tecnológicas –mejoras sustanciales en la eficiencia, electrificación del transporte, explotación masiva de los flujos de energía renovable–, sino también una apuesta radical por el transporte público –incluyendo la compartición de los vehículos privados mediante el *carsharing* y *carpooling* como vía para garantizar altas tasas de ocupación–, y sobre todo una relocalización de la economía que permita reducir el transporte de bienes y personas en términos absolutos; de lo contrario, la movilidad sostenible seguirá siendo una quimera.

El consumo en los edificios

El 36% del consumo final en Europa sucede en los edificios, tanto privados como públicos, incluyendo los comercios. Estos consumos son, también, responsables de un tercio de las emisiones de GEI. El consumo en los edificios (hogares, servicios, administración)



supone el 20% del consumo final en la CAPV y Navarra, y más de la mitad de ese consumo se realiza en forma de electricidad. El consumo eléctrico en los edificios en Hego Euskal Herria, en términos per cápita (3 MWh/cáp·año) es ligeramente inferior a la media europea (3,2 MWh/cáp·año). Pero en Europa, dos terceras partes de los consumos energéticos en los edificios se deben a la calefacción –otro 15% lo consumen los aparatos eléctricos, incluida iluminación; el 14% se consume para calentar el agua, y el 4% restante corresponde al cocinado (UE 2011c)–. Pero las condiciones climáticas en Euskal Herria son mucho más favorables que la media europea. Así, el IDAE estimaba para los hogares de la zona climática del Atlántico Norte en 2011 un 40% de consumo en calefacción, un 26% en iluminación y otros aparatos eléctricos, un 22% en calentar agua y un 12% en consumos de cocina (IDAE, 2011). Estos datos invitan a pensar que tenemos todavía un importante margen de reducción del consumo final en los edificios. En sus escenarios para 2050, la Comisión Europea prevé que las emisiones de GEI debidas a los consumos en los edificios se reduzcan entre el 88 y el 91%. Por otro lado, no deberíamos esperar a ese año para ver importantes reducciones. La Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios establece en su artículo 9 que a partir de 2021 todos los edificios nuevos deben presentar un balance

energético casi nulo; es decir, prácticamente toda la energía consumida en cada edificio debe ser suministrada en dicho edificio aprovechando los flujos de energía renovable mediante sistemas fotovoltaicos, solares térmicos y geotérmicos, para suministrar calor y electricidad. Los edificios públicos nuevos deberán cumplir antes con este requisito, a partir de 2019.

La descarbonización del consumo en los edificios exigirá, por tanto, un gran esfuerzo. De cumplirse las mejores previsiones de la UE, más de dos tercios de las necesidades energéticas para cocinar y calentar agua se podrían cubrir con colectores solares y electricidad renovable generada en las cubiertas de los edificios; el otro tercio podría provenir del consumo de biomasa, con una pequeña aportación de gas natural. Para hacer frente a las reducciones de consumo en climatización y calefacción, será clave mejorar sustancialmente la eficiencia térmica de los edificios, utilizando mejores diseños y aislamientos térmicos, sin olvidar importantes cambios en algunos hábitos¹². Existe todavía un amplio margen para mejorar la eficiencia térmica de los edificios. Las recetas no faltan (Harvey, 2006).

El consumo de energía en la industria

El sector industrial es el mayor demandante de energía final en Euskal Herria. Las industrias de todo tipo consumen el 44,9% de la



energía final en la CAPV, y el 34,7% en Navarra. La nuestra es una sociedad industrial muy desarrollada, con un índice de electrificación muy alto –el consumo eléctrico per cápita es superior a la media europea, e incluso superior a la de Alemania–. Son todavía esperables mejoras tecnológicas y en la eficiencia energética que permitan reducir la demanda primaria de energía sin reducir sustancialmente el consumo final. Por otro lado, una mayor electrificación de la industria, alimentada con más electricidad de origen renovable, permitiría descarbonizar la economía al tiempo que se reduce la demanda primaria de energía¹³. Las reducciones del consumo a las que tenemos que hacer frente en las próximas décadas, sin embargo, son tan importantes, que todo apunta a que –del mismo modo que vimos con respecto al transporte– la vías tecnológicas y de la eficiencia energética no son suficientes. Será necesario reducir el consumo en la industria en términos absolutos, y esto exige un cambio de perspectiva.

Reducir los flujos de productos y materiales como vía para reducir el consumo de energía

La industria es una gran demandante de energía, pero no debemos olvidar en ningún momento que la industria utiliza esa energía para producir y suministrar al resto de sectores y a los hogares los productos y servicios

que estos consumen. Los consumos energéticos de la industria son, en última instancia, consumos energéticos indirectos asociados al consumo de los productos y servicios de los consumidores finales –fundamentalmente los hogares, aunque también las administraciones, tanto en el propio país como en el extranjero–.

La mejor estrategia para reducir el consumo directo de energía en la industria consiste en hacer frente a la reducción del consumo a través de la gestión de la demanda de los productos y servicios que el sector industrial proporciona al resto de la sociedad. Los consumos indirectos de energía asociados a los productos que consumimos los consumidores finales son enormes; de hecho, son precisamente los del sector industrial¹⁴, generalmente mayores que los consumos energéticos directos de los hogares. Estos consumos indirectos son muy significativos, incluso cuando están ligados a consumos directos importantes, como es el caso del transporte o las viviendas. Para tomar conciencia de este hecho, la tabla 3 muestra los consumos indirectos de energía ligados a diversas actividades o productos muy comunes:

- Todos los consumos energéticos asociados a la construcción de una vivienda –fabricación de los materiales: cemento, acero, otros metales; transporte; construcción; etc.– pueden equivaler



Tabla 3
Cantidades aproximadas de consumos energéticos indirectos asociados a algunos productos o actividades

CONCEPTO	CANTIDAD
Energía requerida para la construcción de una vivienda (100 m ²)	1 TJ
Consumo energético directo x 27 años (10,3 MWh/año, IDAE 2011)	1 TJ
Energía requerida para la fabricación de un automóvil (gama media)	100 GJ
Consumo de gasolina (7 L/100 km) × 40.000 km	100 GJ
Energía para fabricar el consumo per cápita de papel en España (175 kg/p·a)	2 GJ/p·a
Consumo eléctrico en las viviendas en la CAPV, por persona y año	10,8 GJ/p·a
Energía para producir la carne que consume una familia (3 personas) (50 kg/p·a)	4,5 GJ/p·a
Consumo energético directo en la cocina de la vivienda (12% de 10,3 MWh/año)	4,4 GJ/p·a

Fuente: Smil, 2008; elaboración propia

al consumo energético directo en dicha vivienda (electricidad, gas natural...) durante varias décadas.

- La energía requerida para la fabricación de un automóvil de gama media puede equivaler al consumo de dicho automóvil al recorrer 40.000 kilómetros, o entre un 10 y un 30% de la distancia total que recorrerá en su vida útil.
- La energía consumida en la fabricación de los 175 kilos de papel y otros productos papeleros que se consumen en España per cápita y año puede equivaler a más de la quinta parte del consumo eléctrico per cápita en las viviendas en la CAPV.

- La energía requerida en la producción agroindustrial de los 150 kilogramos de carne de vacuno, porcina y de pollo –la energía necesaria para la fabricación de piensos, transporte, refrigeración, pre-procesado– que puede consumir de media una familia de tres miembros superaría ligeramente el consumo energético directo de la cocina de su vivienda.

La reducción del consumo mediante una adecuada gestión de la demanda de los productos y servicios proporcionados por el sector industrial ofrece una vía de enorme potencial para reducir la demanda primaria de energía de nuestra sociedad.



Cada vez que nuestras economías entran en recesión se observa la misma correspondencia entre demanda final de productos y consumo de energía. En época de crisis la caída de la demanda se traduce, generalmente, en importantes caídas de la demanda energética primaria, al reducirse la actividad económica, lo que también da lugar, generalmente, a destrucción de empleo y a un empeoramiento de las condiciones de vida de la clase trabajadora. Desde este punto de vista puede parecer que la reducción del consumo de energía tiene repercusiones negativas en la clase trabajadora.

A esto debemos responder que la destrucción de empleo que acompaña la caída del consumo energético en los períodos de crisis económica responde, sobre todo, a una destrucción desordenada de la demanda, generalmente inducida por otros problemas estructurales del sistema económico –como por ejemplo los del ámbito financiero durante la última década–. El sistema productivo de la civilización actual requiere de una importante reconversión hacia la descarbonización, y para proveer productos y servicios mucho menos intensivos en energía. En esta necesaria transformación productiva algunos sectores resultarán claramente perdedores, pero también surgirán otros nichos y sectores con una gran demanda de actividad y empleo –más adelante volveremos sobre este

punto–. Para poder hacer frente a estos enormes retos con garantías, será fundamental que esta transformación del sector productivo se realice de una forma ordenada y con un estricto control democrático que evite que los costes sociales sean cargados sobre los sectores más débiles de la sociedad.

Una adecuada gestión de la demanda de bienes materiales y servicios es no solo una vía de enorme potencial para reducir los consumos energéticos directos e indirectos, sino también una herramienta ya utilizada en la que las administraciones deben cumplir un papel fundamental:

- Un agresivo impulso del transporte público, y sobre todo de estrategias orientadas a compartir el vehículo privado, como el *carsharing* y el *carpooling*¹⁵, permiten no solo reducir el consumo directo en transporte, sino también sacar vehículos de las carreteras y reducir el parque móvil, con los enormes ahorros energéticos y de materiales que esto conlleva.
- El sector de la construcción lleva asociados consigo unos consumos energéticos enormes, tanto directos como indirectos. Una planificación territorial y urbana adecuada, responsabilidad de las administraciones, puede tener un enorme impacto en la reducción de los consumos energéticos totales. Un dise-



ño urbano compacto da lugar a una menor demanda de materiales y energía en la construcción de edificios e infraestructuras, que luego se traducirá también en una menor demanda energética durante su uso y mantenimiento. Esto es aplicable tanto a nuestras viviendas y otros edificios, como a nuestras calles y carreteras.

Las administraciones pueden, del mismo modo, regular algunas actividades, como sucede con el buzoneo de publicidad gratuita en algunas ciudades y regiones europeas. Estas medidas se enmarcan dentro de políticas más amplias de prevención de la generación de residuos. Otras medidas pueden ir más lejos, y plantear incluso la prohibición de determinados productos, como es el caso de la utilización de bolsas de plástico de un solo uso en la Unión Europea. Todas estas medidas son coherentes con la filosofía de diseño *de la cuna a la cuna* (McDonough y Braungart, 2002), y con el concepto *Basura cero*. Estos planteamientos persiguen, en última instancia, cerrar los ciclos de materiales en la economía, eliminando el mismo concepto de residuo. Esta es la misma filosofía que subyace, aunque de forma más limitada, en la jerarquía de residuos impulsada por la

Unión Europea, coherente con la ya conocida jerarquía de *reducir, reutilizar, reparar, reciclar*. La nueva estrategia de gestión de los residuos urbanos puesta en marcha por la Diputación y muchos ayuntamientos de Gipuzkoa se enmarca dentro de esta filosofía. Al margen de otras consideraciones ambientales, su oposición a la valorización energética de los residuos en favor de su valorización material es sensata y cabal: el coste energético de los materiales que sustituyen los residuos valorizados es, por lo general, mayor que la energía que se puede recuperar directamente de esos residuos (Bueno et al., 2013).

La alimentación es otro ámbito con una enorme carga de consumos indirectos asociados. Los alimentos que comemos proporcionan el suministro material y energético imprescindible para sostener nuestra actividad vital. Este flujo de materia y energía que ingerimos cada día es, sin embargo, muy inferior a los consumos energéticos y materiales indirectos, imprescindibles pero ocultos, asociados a ellos. Esta huella o mochila energética está, además, enormemente condicionada por el tipo de alimentación, y sobre todo por su modo de producción (Pfeiffer, 2006; Roberts, 2009). La modificación de nuestra dieta a otras menos intensivas en carne¹⁶ y productos elaborados, sustentadas sobre todo en el



consumo de productos ecológicos y locales, puede tener impactos energéticos indirectos enormes.

Las mochilas energéticas de los productos y servicios que habitualmente consumimos pueden ser grandes. Una componente importante de esas mochilas es la asociada al transporte, debido a que las materias primas, e incluso a menudo el producto mismo, son producidas o fabricadas lejos de nosotros. La relocalización de la producción, en la medida de lo posible y en aquellos sectores en los que esto suponga realmente una reducción de los consumos indirectos, puede llevar consigo reducciones significativas de la demanda final de energía.

Relocalizar la economía

La globalización lleva consigo importantes costes energéticos. Nuestro estudio del sector del transporte en la CAPV en 2008 (Bueno, 2012b) asociaba el 33,6% del consumo de energía en ese sector al transporte de mercancías. Más del 85% de ese consumo estaría asociado al transporte de mercancías que traspasan las fronteras de la CAPV. Muchos movimientos tienen origen o destino en el resto del estado (17%), pero los mayores flujos de transporte son internacionales (70%). Este importante flujo de productos a través de nuestras fronteras está directamente relacio-

nado con la enorme apertura de nuestra economía, fruto de los procesos de globalización económica de las últimas décadas. Y mover mercancías consume energía: el coste energético de transportar un teléfono móvil (200 g) desde China a Europa (10.000 km) en barco (0,25 MJ/t-km) equivale a 7 recargas de batería, o el consumo eléctrico de una semana. Si el transporte se realiza en avión (15 MJ/t-km), la energía consumida supera el equivalente al consumo eléctrico del teléfono en un año (400 recargas de batería). Pese a que el transporte en barco es el más eficiente en términos energéticos, transportar alimentos entre continentes puede traer consigo un coste energético equivalente a la décima parte de la energía contenida en los alimentos. Estos importantes costes se sustentan en la disponibilidad de carburantes derivados de los combustibles fósiles a precios muy baratos y a menudo subvencionados con dinero público —gasoil, queroseno—, que no internalizan los costes medioambientales derivados de su consumo ni de su agotamiento.

La globalización económica da lugar a otro fenómeno muy problemático de cara a afrontar la insostenibilidad del sistema productivo. Los productos y servicios que cada país importa y exporta al resto del mundo tienen asociados unos costes medioambientales –y entre ellos los energéticos– que son generalmente olvidados en los lugares del consumo



Tabla 4
Relación entre el impacto ambiental total y el impacto local
para la Unión Europea y España en 1995 y 2008, en varias categorías
Huella que incluye el comercio internacional
dividido por el impacto local (emisiones, consumo...) (%)

	UNIÓN EUROPEA		ESTADO ESPAÑOL	
	1995	2008	1995	2008
Emisiones de GEI	115%	132%	123%	145%
Explotación del territorio	213%	222%	169%	196%
Consumo de materiales	132%	149%	141%	152%
Consumo de agua	152%	175%	147%	149%

Fuente: Arto et al., 2012

final. Durante las últimas décadas, los países más desarrollados se han desprendido de aquellos procesos industriales con mayores cargas ambientales, y han mantenido los sectores económicos más inmateriales y que aportan mayor valor añadido al producto. De esta forma, las mayores cargas ambientales y gran parte del consumo energético industrial se ha desplazado a los países menos desarrollados. Una parte importante de estas cargas, sin embargo, debería imputarse a los países receptores de los productos finales en sus contabilidades energéticas y de emisiones de GEI¹⁷. El no hacerlo así simplifica la elaboración de las estadísticas internacionales; pero sobre todo esconde una importante carga de

impactos ambientales de todo tipo ligados a la fabricación o provisión de los productos, servicios y materias primas importadas a través del comercio internacional.

El rastreo a gran escala de las cargas ambientales asociadas a los flujos de productos del comercio internacional es extremadamente difícil, si no imposible. Existen, sin embargo, enfoques alternativos que, basados en el análisis de las tablas input-output de los diferentes países, permiten una estimación aproximada de las cargas ambientales asociadas a los flujos del comercio internacional. La tabla 4 muestra algunos resultados obtenidos por Arto et al. (2012) en relación a las huellas asociadas al comercio internacional para

la Unión Europea y España entre los años 1995 y 2008.

Este estudio no recoge, de forma específica, la huella energética asociada al comercio internacional de los estados, pero sí realiza una estimación de la huella de emisiones de GEI, que está muy condicionada por el consumo de combustibles fósiles. Según los datos aportados en este estudio, en 1995 la huella de emisiones de GEI de España, incluyendo la componente asociada al comercio internacional, ascendía al 123% de las emisiones directas asociadas a los residentes en el país. En 2008 el ratio había aumentado al 145%. Es decir, el consumo final de productos en España ese año llevaba consigo un aumento del 45% debido a las emisiones indirectas de GEI fuera de sus fronteras. Las huellas de otros conceptos, como el consumo de agua, de materiales, o la explotación del territorio, es también significativamente mayor cuando se considera el efecto del comercio internacional.

La huella ecológica real de Euskal Herria es, por tanto, significativamente mayor de lo que indicadores como el consumo energético final o las emisiones de GEI sugieren. La globalización económica ha deslocalizado y escondido enormes cargas ambientales que tienen su origen en el consumo de los países más desarrollados. Una ordenada relocalización de la economía favorecería la mejor visualización

de nuestras cargas ambientales, al tiempo que reduciría los impactos asociados al transporte internacional.

Suministro sostenible de energía

El progresivo agotamiento de los combustibles fósiles –imposible de compensar explotando petróleo y gas no convencional–, unido a la necesidad de reducir las emisiones de CO₂ para hacer frente al cambio climático, nos forzará a consumir cada vez menos energía de origen fósil. En el futuro, satisfacer nuestras necesidades energéticas de una forma sostenible requerirá consumir un flujo creciente de energías renovables: energía solar, eólica, del mar y de los ríos, de origen geotérmico, y biomasa (Bueno, 2007).

En un escenario energéticamente sostenible deberemos consumir casi exclusivamente energía renovable (en nuestra propuesta, el 92% del total en 2050). En nuestro planeta disponemos de dos flujos primarios de energía renovable. El primero de ellos es la energía geotérmica originada en los procesos de fisión atómica de átomos radiactivos en el núcleo terrestre. Este flujo geotérmico mantiene en movimiento el sistema tectónico de placas del planeta, y puede ser parcialmente captado en forma de calor, aunque también puede ser transformado en electricidad, si la temperaturas accesibles son suficientemente



altas. El segundo flujo energético primario en nuestro planeta, mucho mayor que el anterior, es la radiación que recibe del Sol. La radiación solar tiene su origen en la fusión de átomos de hidrógeno en el núcleo de la estrella. Esta radiación puede ser transformada directamente en electricidad mediante sistemas fotovoltaicos. También puede ser captada mediante colectores térmicos, y así ser utilizada para suministrar calor, o calentar agua u otro fluido. Si las temperaturas alcanzadas son suficientemente altas, esta energía térmica de origen solar puede también ser utilizada para generar electricidad, como sucede en las centrales termosolares. La energía solar es responsable, también, de los vientos de la naturaleza, del movimiento de las olas y del flujo de agua en los ríos. La civilización ha desarrollado tecnologías que nos permiten obtener energía mecánica –y a partir de ella electricidad–, de estos flujos naturales de energía, mediante los dispositivos adecuados: aerogeneradores, turbinas, motores, etc.

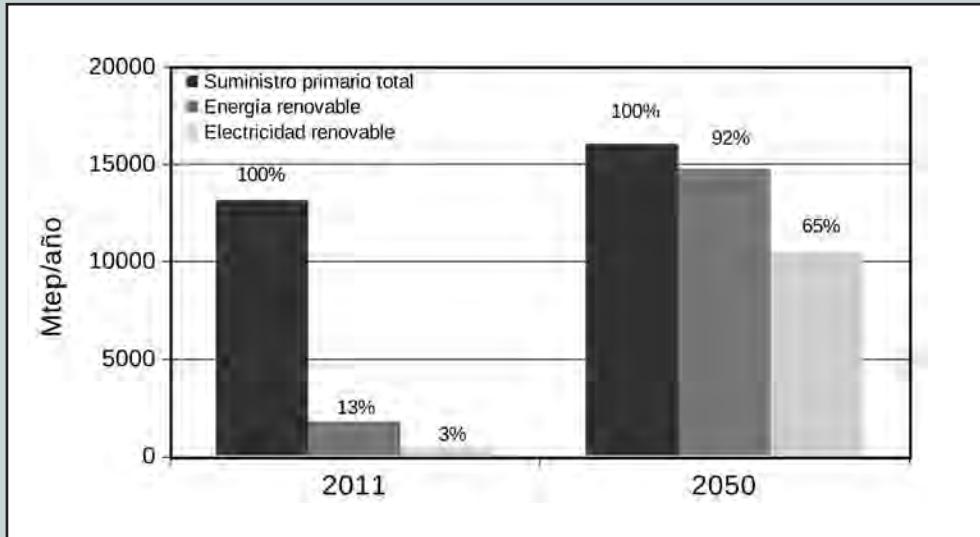
La radiación solar es también capturada en forma de energía química mediante la fotosíntesis, en los tejidos verdes de las plantas y otros organismos. Los restos de la materia orgánica de los seres vivos, tanto animales como plantas, utilizados como fuente de energía, reciben el nombre de biomasa. La biomasa, al ser un flujo material que almacena energía solar, puede ser almacenable con más

facilidad que la electricidad, y así ser utilizada posteriormente para generar luz, calor, energía eléctrica e incluso combustibles líquidos, que denominamos biocarburantes.

En un escenario sostenible, una parte muy significativa de la energía deberá consumirse bajo la forma de electricidad. Según nuestra estimación, el peso del consumo de electricidad (65%, figura 6) debería ser incluso superior al considerado por la Hoja de ruta de la energía 2050, del 40% en el consumo final europeo. La preponderancia de la electricidad renovable en una mezcla energética sostenible se fundamenta en el hecho de que los mayores flujos de energía renovable son explotados de forma óptima en forma de electricidad. Los sistemas fotovoltaicos, los aerogeneradores, las presas hidroeléctricas y las grandes centrales termosolares generan electricidad de origen renovable. La fabricación de otros vectores energéticos como el hidrógeno a partir de esa electricidad, además de traer consigo severas pérdidas de transformación, no evita problemas de almacenamiento y transporte casi comparables a los que presenta la electricidad. Aunque el hidrógeno y otros combustibles sintéticos serán utilizados cada vez más en el futuro, la producción, transporte y consumo de electricidad será, seguramente, el pilar fundamental de un sistema energético sostenible, con sus ventajas e inconvenientes. Así lo estiman diversos estu-



Figura 6
Suministro primario de energía en el mundo en 2011 (IEA, 2013)
y sostenible en 2050 (elaboración propia).



La figura 6 muestra el peso de las energías renovables y de la electricidad de origen renovable en el suministro primario mundial en 2011 (IEA, 2013), y en lo que en el apartado 3. *Claves para un modelo energético sostenible* presentábamos como una posibilidad de suministro sostenible de energía en el mundo en 2050 (Bueno, 2010).

dios prospectivos sobre la cuestión (Greenpeace, 2012; WBGU, 2004).

El sistema eléctrico de un modelo energético sostenible

El sistema eléctrico tiene un papel central que cumplir en un modelo energético sostenible. Para ello, sin embargo, el sistema eléctrico



actual debe someterse a una profunda reforma.

El sistema eléctrico es, sin lugar a dudas, la mayor y más extensa infraestructura de la civilización actual. Hasta muy recientemente, el grueso de la electricidad consumida en nuestras sociedades se generaba en grandes centrales termoeléctricas que quemaban combustibles fósiles, y en menor medida en centrales nucleares y presas hidroeléctricas, también de gran tamaño. La razón económica y tecnológica ha favorecido la puesta en marcha de grandes centrales que generan electricidad a plena capacidad. Estas instalaciones conforman el parque de generación eléctrica. Durante el último siglo la civilización también ha creado una infraestructura de redes eléctricas, que denominamos redes de transporte y distribución, que transportan la electricidad generada en las centrales y la distribuye hasta los consumidores finales en la industria, los hogares y los comercios. A menudo, las redes tienen conexiones transfronterizas.

Dado que la electricidad no se puede almacenar a gran escala, el funcionamiento del sistema eléctrico exige una perfecta sincronización entre la electricidad que se genera en cada momento y la demanda final en cada instante. Esto hace que el sistema eléctrico sea, seguramente, la infraestructura industrial con el funcionamiento más centralizado que existe.

Un sistema eléctrico sostenible que se apoye fundamentalmente en la explotación de flujos de energía renovable, sin embargo, presentará características que divergen sustancialmente de las del sistema eléctrico convencional, y que presentamos a continuación.

a) Un sistema eléctrico más descentralizado

En el nuevo sistema eléctrico, las grandes centrales termoeléctricas –centrales de carbón, nucleares, ciclos combinados– deberán ser sustituidas progresivamente por un número mucho mayor de unidades de generación renovable que serán, por lo general, de un tamaño mucho más reducido. En muchas de estas unidades, además, la cantidad de electricidad que se genere en cada instante dependerá de las condiciones naturales del momento y lugar –de la disponibilidad de viento y sol, como sucede en parques eólicos y sistemas fotovoltaicos, por ejemplo–. Muchos sistemas de generación renovable no son regulables, salvo para reducir la electricidad que generan.

Dado que la electricidad es difícilmente almacenable a gran escala –la única excepción son los sistemas de bombeo que permiten rellenar los embalses aguas arriba con la electricidad excedentaria en el sistema–, la gran diversidad en número y tamaño de unidades de generación eléctrica renovable, por



un lado, y el hecho de que esa generación es, en gran medida, no regulable, exigirá topologías de red y mecanismos de gestión mucho más flexibles para hacer frente a la variabilidad de la generación renovable. En la comunidad científica hay consenso en que esto es tecnológicamente posible y viable; pero ello exige investigación, adaptar las infraestructuras ahora existentes e invertir en otras nuevas (Boyle, 2009).

La arquitectura y funcionamiento del nuevo sistema eléctrico diferirá sustancialmente del actual, y los principales actores del sistema también deben cambiar. Los más de 3,700 gigavatios de capacidad existentes en el mundo en 2010 en grandes centrales de generación nuclear y termoeléctrica fósil deberán desmantelarse progresivamente, y las empresas que suministran el combustible –gas natural, carbón, uranio enriquecido– perderán peso. Al mismo tiempo deberán ser instaladas multitud de nuevas plantas de generación renovable de mucho menor tamaño. Estas instalaciones renovables inyectarán la electricidad de forma distribuida en las redes. Muchas de estas nuevas instalaciones serán sistemas fotovoltaicos situados en las cubiertas de los edificios y plantas industriales –en el mundo, en 2012, había 100 gigavatios de capacidad ya instalados–. También proliferarán los parques eólicos. En 2013 había casi 300 gigavatios de capacidad

eólica en el mundo, la inmensa mayoría en emplazamientos terrestres y una parte cada vez mayor en el mar, sobre plataformas continentales poco profundas, como los parques eólicos instalados en el mar del Norte en la última década. En un futuro próximo es posible que también se instalen aerogeneradores sobre plataformas flotantes cerca de costas sin plataforma continental, como es el caso de Euskal Herria. En aquellas regiones que reciben mayor radiación solar se instalarán plantas fotovoltaicas y termosolares de gran tamaño, aunque inferior al de las actuales centrales termoeléctricas.

El potencial renovable no está repartido de forma homogénea en el territorio. En Europa, por ejemplo, el mayor potencial eólico se sitúa en el mar del Norte, mientras que el mayor potencial del recurso solar se da en los países mediterráneos –aunque esto no evite, por ejemplo, que Alemania disponga ya de un parque de generación fotovoltaica de 30 gigavatios, superior a la suma del italiano (16 GW) y el español (5 GW), ni que en Euskal Herria podamos explotar el flujo eólico en la medida de nuestras posibilidades–. Hacer frente a la variabilidad y complementariedad de los flujos de energía renovable exigirá aumentar el nivel de interconexión entre las redes eléctricas de las diferentes regiones. Pare ello deberán crearse lo que algunos agentes denominan *superredes* (Fulli, 2011;



Greenpeace, 2013). Estas superredes transportarán, mediante líneas de corriente continua de muy alta tensión, la electricidad generada en los parques eólicos del mar del Norte y en las plantas solares del sur de Europa y norte de África a los principales núcleos de consumo en Europa.

b) Un modelo de explotación local y público

En este punto es necesario abrir un importante inciso acerca del modelo de explotación de las energías renovables en un sistema energético sostenible. El sistema actual está basado en la existencia de grandes compañías que históricamente han integrado, de forma vertical, todas las áreas del negocio eléctrico: generación en grandes centrales; transporte; distribución; y comercialización de la electricidad. En el nuevo sistema, los principales actores deberían ser los agentes a cargo de la multitud de unidades de generación renovable distribuidas por toda la red eléctrica. De cara a poder garantizar la sostenibilidad de estas instalaciones es fundamental que estos agentes estén muy ligados al territorio en el que se insertan y al que suministran: empresas privadas con capital local, cooperativas, y sobre todo de propiedad pública por parte de las administraciones locales.

Este apego al territorio es crítico y fundamental. No debemos olvidar que *renovable* no

es sinónimo ni garantía de *sostenible*. La apropiación y explotación de los flujos de energía renovable también presenta impactos medioambientales y sociales. Estos impactos son de diferente naturaleza que los originados por el consumo de combustibles fósiles o la energía nuclear, y en muchos casos significativamente menores; pero tampoco son despreciables. De entrada, los dispositivos que proporcionan electricidad de origen renovable han de ser fabricados –sistemas fotovoltaicos, aerogeneradores, líneas eléctricas–, con sus correspondientes impactos; por otro lado, su funcionamiento implica un uso del territorio que puede ser muy importante –es el caso de los parques eólicos y plantas solares, y qué no decir de los embalses–. Por todo ello, la puesta en marcha de nuevas instalaciones de generación renovable debe llevar consigo una adecuada evaluación de los impactos por ellas generados y deben estar sometidas a la supervisión y el control democrático de las poblaciones en donde se asienten.

El carácter público de las instalaciones de generación renovable –o la explotación bajo el modelo cooperativo–, es crítico para garantizar el empoderamiento ciudadano en la gestión de estas instalaciones, al tiempo que se garantiza que los beneficios revierten en las comunidades más directamente afectadas. Todo esto debe favorecer una mejor resolución de los inevitables conflictos de intereses



y el logro del necesario equilibrio entre los costes –impactos sociales y medioambientales de las instalaciones– y beneficios –ante todo el suministro de energía, pero también la creación de empleo– de cualquier instalación industrial.

Por otro lado, al alimentarse de flujos naturales, las instalaciones renovables no dependen, para su funcionamiento, de las redes de suministro de combustibles, cada vez más caros. Esta gran autonomía las hace muy adecuadas para su explotación bajo el formato de propiedad pública, y pueden ser un vector muy importante de empoderamiento ciudadano y de relocalización de la economía.

c) Redes inteligentes

Las redes inteligentes (*smart grids*) son otro elemento importante de un sistema eléctrico sostenible. Ya hemos señalado que la variabilidad de la generación eléctrica renovable, unida a su carácter eminentemente distribuido, exige afrontar una mayor complejidad a la hora de gestionar el sistema eléctrico. El concepto de red inteligente supone la introducción de tecnologías de la información y las comunicaciones en los sistemas de observación, control y comunicaciones de la infraestructura eléctrica. Las redes inteligentes deben facilitar una mejor conexión y operación de unidades de generación con una gran variedad de tamaños, tecnologías y caracte-

rísticas de funcionamiento, y así garantizar la calidad y fiabilidad del suministro eléctrico.

Dada la variabilidad de la generación renovable, el nuevo sistema eléctrico también demandará un cierto grado de control sobre los consumidores finales de la electricidad. La red inteligente debe permitir evolucionar de un sistema eléctrico como el actual, en el que las compañías comercializadoras son a menudo incapaces siquiera de saber con exactitud la energía que sus clientes están consumiendo en cada momento, a otro en el que no solo es posible monitorizar el consumo a lo largo y ancho de toda la red, sino que también es posible para la propia red tener un cierto grado de control sobre el consumo que realizan algunas de estas unidades para las que no es crítico el funcionamiento en continuo, como las unidades de refrigeración —no solo en las viviendas, sino también industriales—, la iluminación, la carga de baterías en vehículos y otros dispositivos, algunos equipos industriales, etc. Las redes inteligentes son, por tanto, un instrumento fundamental para articular los mecanismos de gestión de la demanda eléctrica imprescindibles para lograr un ajuste óptimo entre la generación y la demanda de electricidad en el sistema.

Por otro lado, si queremos consumir menos electricidad, primero necesitamos saber cuánto consumimos, dónde –en qué actividades– y cómo –con qué eficiencia–. Las redes inteli-



gentes suministrarán a los consumidores de electricidad una información imprescindible para poder reducir el consumo y aumentar la eficiencia.

Yacimientos de empleo en el nuevo sistema energético sostenible

La transformación del sistema energético actual en otro sostenible que se apoye casi exclusivamente en el aprovechamiento de los flujos de energía renovable será un proceso largo y tendrá enormes consecuencias en el sector eléctrico, que deberá renovarse de forma integral. La Agencia Internacional de la Energía prevé, en su escenario de Nuevas Políticas (IEA, 2012b), que el sector eléctrico demandará, en el período 2012-2035, una inversión total de 16,9 billones de dólares, una cantidad del mismo orden que el producto interior bruto anual de la Unión Europea (12,9 billones de euros en 2012). Según las estimaciones de la IEA, esta inversión supondría el 45% de toda la inversión que requerirá todo el sector energético en el mismo período. La IEA no prevé una ruptura radical con las energías fósiles, y por ello anticipa que un 22% de las inversiones en el sector eléctrico estarán ligadas a la generación nuclear y fósil. Aun así, la inversión requerida en el ámbito de la generación renovable sería mayor (35,5%), y también en el transporte y distribución de electricidad (42,5%). Este escenario de la IEA

también anticipa una enorme inversión en el sector eléctrico de la Unión Europea, 2,8 billones de dólares.

Los escenarios elaborados por Greenpeace en su proyecto Energy [R]evolution (Greenpeace, 2012) también asumen un enorme flujo de inversiones en el sector energético mundial durante las próximas décadas: 20,1 billones de dólares hasta 2020, y 50,4 billones de dólares hasta 2050. Según este estudio, en el año 2030 casi el 90% del consumo final de energía en el mundo podría ser de origen renovable –más del 40% en forma de electricidad–, y el 65% del empleo en el sector estaría relacionado directamente con la explotación de los flujos de energía renovable. En concreto, el sector energético daría trabajo en el mundo a más de dieciocho millones de personas, y generaría aproximadamente un 17% más de empleo que en otros escenarios con la insostenible preponderancia actual de los combustibles fósiles.

Aunque el nuevo modelo energético sostenible necesita enormes inversiones económicas, estas no son mucho mayores que lo que nuestra civilización dedica actualmente a subvencionar los combustibles fósiles. La IEA estima que, anualmente, los estados destinan 0,54 billones de dólares a subsidios al consumo de combustibles fósiles (IEA, 2013c). Esto es aproximadamente tres cuartas partes del



coste anual de las inversiones estimadas por la IEA para el sector eléctrico.

Los ejercicios prospectivos de las agencias internacionales como la IEA o Greenpeace, así como de otros centros de investigación, se apoyan en metodologías mediante las cuales se trata de dar forma a diferentes escenarios posibles, en este caso energéticos, partiendo de determinadas suposiciones socioeconómicas, tecnológicas, etc. Estas suposiciones, a menudo, no son en absoluto neutrales ni desinteresadas, y pueden tener un carácter arbitrario muy dispar, como la asunción de un crecimiento económico sostenido –que no sostenible–, la lucha contra la pobreza, o una efectiva estrategia de mitigación del cambio climático. De una forma u otra, estas metodologías y los escenarios de ellas derivadas tienen por objeto planificar acciones orientadas precisamente a hacer esos escenarios más o menos probables. La prospectiva energética es, por tanto, un elemento central de la planificación energética, y como tal debe juzgarse. En estas circunstancias, llama la atención el hecho de que ejercicios prospectivos tan dispares –si no antagónicos en diversos elementos– como los de la Agencia Internacional de la Energía y de Greenpeace reconozcan la necesidad de realizar inversiones tan enormes en el sector energético mundial durante las próximas décadas, y muy especialmente en el sector ligado al sistema eléctrico y al

aprovechamiento de los flujos de energía renovable.

La explicación es clara: en casi cualquier escenario posible, el sector energético mantendrá su carácter vertebral y de sostén del resto del sistema productivo. El progresivo agotamiento de los combustibles fósiles y la inevitable renovación de las infraestructuras energéticas nos obligan a invertir en energías renovables, y este elemento supone una enorme oportunidad para Euskal Herria.

La puesta en marcha de un nuevo modelo energético sostenible en nuestra civilización requerirá, además de flujos renovables y de infraestructuras que los capturen y transformen, de otro elemento más inmaterial pero imprescindible y con un enorme potencial para generar riqueza: el conocimiento requerido para la puesta en marcha de esta alternativa sostenible. Este conocimiento empieza por la investigación, el desarrollo y la fabricación de las tecnologías involucradas en el aprovechamiento de los flujos renovables, pero va mucho más allá. Afecta de lleno al funcionamiento de la red eléctrica, y al desarrollo de tecnología e infraestructuras que se adapten a la generación variable y distribuida. Afecta al desarrollo y puesta en marcha de las nuevas redes eléctricas inteligentes, donde deberán confluir tanto tecnologías energéticas y eléctricas como electrónicas, y de la información y las comunicaciones. Del mismo



modo, es clave todo el conocimiento relacionado con la mejora de la eficiencia energética. Todo este conocimiento es, además, transversal, ya que afecta a una gran variedad de sectores industriales, desde la construcción de edificios hasta todo lo relacionado con las infraestructuras y los vehículos, especialmente los eléctricos.

La importancia del nuevo conocimiento relacionado con la sostenibilidad no se limita, de ningún modo, al ámbito más tecnológico, y tiene también una enorme importancia en el terreno social. Sin ánimo de ser exhaustivos, señalemos que nuevos indicadores, no solo económicos, son imprescindibles para evaluar adecuadamente la sostenibilidad de la actividad humana. También son requeridos nuevos instrumentos de financiación, así como introducir más criterios de sostenibilidad en la política fiscal. La dimensión social de la sostenibilidad exige, por otro lado, que la configuración de un nuevo sistema energético sostenible se lleve a cabo mediante procesos democráticos participativos e informados, a lo que también deberán destinarse importantes recursos, sobre todo humanos.

4

Límites y retos de un sistema energético sostenible en Euskal Herria

La energía solar supone un enorme flujo energético que puede y debe ser aprovechado de una forma sostenible para satisfacer nuestras necesidades. Este aprovechamiento, sin embargo, está sujeto a unos límites que debemos tener muy presentes en el necesario debate en torno al diseño y construcción de un sistema energético sostenible para Euskal Herria.

El aprovechamiento energético de la biomasa

El aprovechamiento energético de la biomasa nos muestra claramente importantes límites y retos que trae consigo tratar de explotar los flujos renovables de una forma sostenible. Como ya hemos señalado, la biomasa es la materia orgánica, generalmente de origen vegetal, utilizada como fuente de energía. La biomasa almacena la energía solar que los vegetales capturan mediante la fotosíntesis.

En 2009 se estudió la posibilidad de instalar una planta de generación eléctrica a partir de biomasa forestal en Errigoiti (Bizkaia); el estudio de este proyecto muestra muy bien los límites que debe afrontar un sistema energético sostenible, especialmente cuando explota



biomasa. El proyecto (Gobierno Vasco, 2014) de la planta de biomasa forestal de Errigoiti proponía una central térmica con una capacidad eléctrica de 22 MW. Con un funcionamiento anual de 8.000 horas, la planta generaría anualmente 176 GWh de electricidad, o el equivalente al 11,5% del consumo eléctrico residencial de Bizkaia en 2012. La planta quemaría anualmente 50 ktep de biomasa, con un modesto rendimiento del 30%.

50 ktep de biomasa suponen aproximadamente 120.000 toneladas de madera seca. Es muy difícil realizar una estimación adecuada del potencial sostenible de la biomasa forestal (WBGU, 2009); estudios señalan que este potencial se puede situar en torno a la tonelada equivalente de petróleo por hectárea y año (Reijnders, 2006). Un estudio promovido por el Ayuntamiento de Otxandio (2012) reduce el suministro sostenible de biomasa a partir de las claras de los montes públicos de su entorno a 0,2 tep por hectárea y año. Aun suponiendo una productividad anual sostenible de 1 tep por hectárea, alimentar la planta de biomasa forestal de Errigoiti demandaría la explotación de una superficie forestal de más de 500 km², o el 36% de la superficie forestal de toda Bizkaia.

Alimentar una planta como la de Errigoiti exigiría un flujo de biomasa tan enorme que su explotación seguiría, con toda seguridad, un modelo agroindustrial de plantaciones

forestales, con grandes flujos de transporte, y orientado a la producción –bastante ineficiente– de un vector energético, la electricidad, con una salida inmediata en el mercado. Aunque este modelo puede resultar rentable económicamente, su sostenibilidad es tremendamente discutible.

La explotación sostenible de la biomasa exige optar por instalaciones de cogeneración, que al aprovechar el calor residual de combustión aumentan significativamente el rendimiento global de la instalación. Estas plantas no pueden funcionar de forma continua, ya que deben adaptarse a la demanda de calor, que será siempre local. Todos estos elementos (explotación sostenible del recurso forestal, demanda local, necesidad de suministrar calor para aumentar el rendimiento) fuerzan un tipo de instalación de escala mucho menor que la propuesta en Errigoiti. Estos elementos, y sobre todo la menor dimensión de la instalación, facilitarían el control de la sostenibilidad de la explotación. No debe olvidarse que la biomasa, pese a su condición de vector energético, es sobre todo un importante flujo material cuya combustión da lugar a la volatilización, no sólo de carbono vegetal, sino también de una importante variedad de nutrientes minerales y otros compuestos fundamentales para el suelo orgánico, que son así perdidos para siempre. La minimización del impacto ambiental sobre los ecosis-



temas de este tipo de instalaciones exige una proximidad en su supervisión que, tal y como demuestra el actual debate en torno a los agrocarburos, sólo es posible con instalaciones de pequeña escala y diseños de economía local en los que los consumidores energéticos finales sean los principales perjudicados por un uso insostenible del recurso renovable.

El potencial de la energía renovable en Euskal Herria

Tratar de determinar el potencial sostenible de las energías renovables en Euskal Herria queda fuera del alcance de este documento. Además, otros estudios ya lo han intentado, con mayor o menor éxito (CES-EGAB, 2011; Greenpeace, 2007). Por ello, en este apartado afrontaremos la cuestión del potencial de explotación de las energías renovables en Hego Euskal Herria con un enfoque más modesto. La tesis fundamental que defendemos en este apartado es que los flujos renovables en Hego Euskal Herria se encuentran terriblemente infrautilizados, y aunque su potencial de explotación presente límites, un aprovechamiento todavía alejado del máximo posible sería capaz de realizar aportaciones enormemente significativas a las necesidades energéticas de este país.

Comenzaremos nuestra argumentación centrándonos en el aprovechamiento de la radiación solar mediante sistemas fotovoltaicos para generar electricidad, y mediante colectores térmicos de baja temperatura para proporcionar calefacción y agua caliente sanitaria. Los sistemas fotovoltaicos y los colectores térmicos son sistemas tremendamente amigables y con un impacto ambiental prácticamente nulo en su funcionamiento: no presentan partes móviles, se pueden integrar en las cubiertas de los edificios –lo que supone una importante optimización del uso del suelo artificializado–, funcionan sin combustión, y se alimentan directamente con la radiación solar. Estos sistemas producen dos vectores energéticos, electricidad y calor, que pueden ser directamente consumidos en los edificios en los que se integran, o muy cerca de ellos sin necesidad de transportarlos largas distancias. Son sistemas muy modulares que permiten sumar grandes capacidades de generación a partir de multitud de instalaciones de pequeño tamaño, funcionando de forma distribuida.

Los avances tecnológicos y las economías de escala han permitido que las células fotovoltaicas reduzcan su precio a la sexta parte en una década, hasta muy por debajo del euro por vatio. Esto ha hecho que los sistemas fotovoltaicos reduzcan su coste a la tercera parte en el mismo periodo, y que en España comiencen a instalarse plantas en el



Régimen Ordinario de generación, sin acceso a ningún tipo de primas. Solo en Alemania se instalaron, en 2012, casi 8 GW de sistemas fotovoltaicos, hasta alcanzar una capacidad instalada de 33 GW. Aunque los ritmos de crecimiento se moderen en el futuro, todo apunta que Alemania continuará aumentando su capacidad para generar electricidad a partir de la radiación solar. Si trasladáramos la capacidad fotovoltaica de Alemania en 2012 (400 W/cáp) a la realidad de Hego Euskal Herria, esto implicaría disponer de una capacidad fotovoltaica superior al gigavatio de potencia –y todavía muy lejos, con toda seguridad, de su potencial sostenible–. Considerando que el recurso solar en Euskal Herria es mayor que en centroeuropa, se puede concluir que el nivel de desarrollo actual de la energía fotovoltaica en Alemania trasladado aquí nos permitiría disponer anualmente de casi 1,5 TWh de electricidad de origen renovable.

El desarrollo de la electricidad fotovoltaica es mayor en Navarra que en la CAPV, aunque es también casi residual. Algo similar sucede con la energía solar térmica, con un desarrollo muy inferior al de los países líderes en Europa. En Austria, por ejemplo, la capacidad instalada asciende a 0,6 m² de colectores térmicos por persona, sumando un total instalado de 3,45 GW en 2012, y que sigue aumentando a un ritmo superior al 4% anual. En

Hego Euskal Herria, este nivel de aprovechamiento con colectores térmicos daría lugar a una capacidad instalada superior al gigavatio, y que con un mejor recurso solar que el disponible en Austria podría cubrir más de 60 ktep de consumo final de calor y demanda de agua caliente, lo que evitaría un importante consumo de gas natural, fuel o electricidad de origen no renovable. Trasladando el nivel de desarrollo actual de los sistemas fotovoltaicos en Alemania, y de los sistemas solares térmicos de baja temperatura en Austria, a Hego Euskal Herria, podríamos disponer de casi 200 ktep de energía renovable, o el equivalente a la cuarta parte del consumo final de origen no renovable en el sector residencial. Lejos de su potencial sostenible, estos sistemas realizarían una importante aportación sostenible, renovable, neutra en carbono y que aumentaría nuestra soberanía energética.

Euskal Herria tiene que desarrollar al máximo su importante potencial de aprovechamiento sostenible de los diversos flujos de energía renovable. En la actualidad este desarrollo es muy pobre y limitado:

- A finales de 2013 había en Hego Euskal Herria casi diez mil unidades de generación fotovoltaica registradas en el Régimen Especial, con una capacidad total de generación de 146 MW. La mayoría se agrupaban en huertas solares en Navarra. Existe un potencial enor-



me para instalar sistemas fotovoltaicos y colectores térmicos sobre las cubiertas de todo tipo de edificios, no solo viviendas, sino sobre todo comerciales, de la administración e instalaciones industriales, dado que la radiación solar es enormemente accesible, y su aprovechamiento en forma de electricidad o energía térmica puede y debe aumentar enormemente.

. A finales de 2013 había 76 instalaciones eólicas registradas en el Régimen Especial, con una potencia total de 1,4 GW, aunque la mayoría estaban en Navarra (66 parques, con 1,23 GW de potencia acumulada). La instalación de parques eólicos terrestres está condicionada por el acceso al recurso viento, y en amplias zonas de Euskal Herria, con una orografía muy abrupta, un recurso eólico suficiente solo está accesible en las cumbres de los montes. Pese a ello existe, todavía, un importante potencial para instalar parques eólicos en localizaciones con un impacto ambiental que puede ser asumible, siempre y cuando cuenten con apoyo social.

. El aprovechamiento de biomasa exige instalaciones de pequeña escala promovidas y gestionadas localmente. Aunque una planta de biomasa de casi 29 MW genera electricidad a partir de residuos

agrícolas en Sangüesa, la generación de electricidad a partir de biomasa es ineficiente, y su tendencia a configurarse como grandes instalaciones presenta serios riesgos de insostenibilidad. La forma de aprovechamiento más sostenible de la biomasa forestal se da en centrales de producción de calor que alimentan pequeñas redes urbanas de calefacción, en pequeñas poblaciones. Las instalaciones de Ultzama y Orozko son dos ejemplos de un modelo de explotación local con un importante potencial de desarrollo y de creación de empleo, que puede y debe ser potenciado.

. En Hego Euskal Herria existen 172 centrales hidroeléctricas de menos de 10 MW. La mitad se encuentran en Navarra, la cuarta parte en Gipuzkoa y el resto en Araba y Bizkaia. Aunque el potencial sostenible de explotación hidroeléctrica es seguramente limitado, no existen estudios actualizados sobre nuestro potencial hidrográfico. Todo ello invita a pensar que existe todavía un importante margen de aprovechamiento de pequeños saltos de agua en la red fluvial de Hego Euskal herria, mediante pequeñas instalaciones.

. El aprovechamiento de los flujos renovables en el entorno marino es otra opción



a desarrollar en el futuro. En la actualidad la única instalación en marcha de este tipo es la planta de aprovechamiento de las olas de Mutriku, de casi 300 kW. Con respecto al potencial eólico marino, el estudio del CES-EGAB (2011) lo estima en 10 GW en el año 2050, bajo la forma de un enorme parque eólico de aerogeneradores flotantes de 10 MW de potencia cada uno, cubriendo una superficie de más de 2.000 km². Estas tecnologías se encuentran todavía en fase experimental, y su desarrollo debe tomarse, todavía, con cautela. La plataforma BIMEP, en Armintza, puede suponer un valioso centro de ensayos para explorar el potencial de las energías marinas y del uso de aerogeneradores sobre plataformas flotantes en mar abierto.

Existe todavía un gran potencial renovable por explotar de forma sostenible en Euskal Herria. El desarrollo de este potencial renovable debe llevar en las próximas décadas a una sustancial reducción de nuestra dependencia energética exterior. Este desarrollo, sin embargo, está sujeto a una serie de límites que debemos tener muy presentes.

En primer lugar, no debemos olvidar que los principales flujos renovables (radiación solar, energía eólica, hidráulica) permiten suministrar una electricidad que no puede sustituir de

forma directa el consumo de gasoil y gasolina en el sector del transporte. La sostenibilidad energética del transporte exige una profunda reconversión a tecnologías de propulsión eléctricas, e incluso una reducción de la movilidad en términos absolutos. Mientras eso no ocurra, una importante demanda de energía fósil importada seguirá limitando severamente nuestra soberanía energética.

Limitados al ámbito eléctrico, la soberanía eléctrica es también algo inalcanzable para nosotros, si no es a muy largo plazo. En estos momentos Hego Euskal Herria consume anualmente en torno a veinte teravatios-hora de electricidad. Su cobertura mediante sistemas fotovoltaicos y parques eólicos marinos, fundamentalmente, requeriría de un desarrollo que, si no imposible, debería complementarse ineludiblemente con un nivel de conexión eléctrica exterior muy importante para hacer frente a la inevitable variabilidad de los flujos renovables. De esto se concluye que la autarquía energética en Euskal Herria no solo no es posible, sino que eléctricamente tampoco es deseable, ya que la interconexión con el exterior garantiza una estabilidad a la red y una seguridad del suministro imprescindibles si se quieren mantener unos costes razonables.

Por otro lado, tampoco debemos olvidar que la explotación de los flujos de energía renovable, aunque sea sostenible, no está exenta de impactos sobre el medio. Estos



impactos imponen otro límite al sistema energético. El nuevo sistema permitirá desmantelar algunas infraestructuras, especialmente aquellas que procesan combustibles fósiles, pero también requerirá de otras nuevas: aquellas necesarias para generar electricidad de origen renovable y para transportarla, dentro del territorio y hacia o desde el exterior –pensemos en las conexiones con los parques eólicos marinos, u otras instalaciones de generación en el exterior, así como la necesaria evacuación de la electricidad excedentaria en determinados momentos, a cambio de importaciones cuando la generación local sea insuficiente–, con un impacto de ocupación del territorio que de ninguna forma será despreciable. Para hacer frente a los impactos ambientales del sistema energético, aunque este sea sostenible, es fundamental recordar dos ideas ya subrayadas en este documento.

Por un lado, debemos insistir en que la sustitución del consumo de energía fósil por energía de origen renovable no nos exime de tener que realizar un enorme esfuerzo para reducir al máximo los consumos de todo tipo, tanto energéticos, como de materiales.

Por otro lado, las decisiones que nuestra sociedad deberá tomar inevitablemente acerca de las viejas y nuevas infraestructuras energéticas deberán ser fruto de procesos públicos e informados en los que quede garantizada la participación social de todos los agentes

afectados, y salvaguardados los intereses de las generaciones futuras. Estos procesos participativos no solo deben favorecer el mejor control social de los posibles impactos. También pueden ser un vehículo fundamental de concienciación social para hacer más sostenible el consumo de energía y materiales.

A modo de ejemplo, la tabla 5 muestra lo que a nuestro modo de ver podrían ser las diferentes características de un mismo proyecto de parque eólico promovido en un entorno rural, bien por una inversión de carácter privado y ajena a la zona, o por una cooperativa local en el marco de un proceso participativo.

Los criterios de sostenibilidad deben ser centrales en el contexto de estos procesos de toma de decisiones, y en ellos deberá atenderse no solo a criterios económicos y de impacto ambiental, sino también a los efectos sobre los ciclos de energía y materiales que se dan en la sociedad. Lo mismo que, actualmente, algunas instalaciones e infraestructuras requieren de un estudio de impacto ambiental previo a su autorización, es imprescindible que los planes, no solo de nuevas infraestructuras sino también de políticas públicas, incorporen estudios de impacto energético, y de impacto sobre los ciclos de consumo de materiales: ¿el uso de una nueva infraestructura reducirá o aumentará el consumo de energía final en el futuro?, ¿con la



adopción de determinada política se aumentará o reducirá el transumo de determinados materiales en la economía?

La consideración de todos estos elementos, relacionados con el potencial sostenible de aprovechamiento de los flujos de energía renovable, sus límites y los retos a los que nos enfrenta, nos permite elaborar un posible **relato de un escenario energético hacia la sostenibilidad en Hego Euskal Herria en 2050:**

“Hego Euskal Herria, año 2050. Las periódicas crisis de precios de la energía fósil desde inicios de siglo –una por década, a causa del progresivo agotamiento de los recursos– ha elevado el coste de la energía hasta niveles inimaginables hace un siglo. Las últimas crisis han ido acompañadas de serios problemas de suministro en algunas regiones del mundo, aquellas menos preparadas. Los fenómenos climáticos extremos –sequías, inundaciones, temporales casi continuos– han golpeado con dureza muchas economías en el mundo, especialmente en las regiones costeras. Afortunadamente, el camino recorrido durante las últimas tres décadas ha permitido adaptarnos mejor al nuevo escenario energético.

El consumo energético final de Euskal Herria se ha reducido a la mitad de los

máximos históricos de hace cuarenta años. La energía consumida en el sector primario se ha duplicado, al recuperar este sector su carácter estratégico de suministrador de alimentos y nuevos materiales para la industria sostenible. El consumo en los edificios se ha reducido en un 35%, pero las mejoras en eficiencia, diseño y aislamiento nos han permitido mantener un confort razonable. En el transporte, sin embargo, el consumo se ha reducido a la cuarta parte, un 75%. Hace ya muchos años que el prohibitivo precio de la gasolina redujo los movimientos en vehículo privado a la décima parte. Hoy resulta caro incluso compartir coche. El transporte público eléctrico –metro, tranvía y modernos trolebuses en las ciudades; una tupida red ferroviaria fuera de ellas– es la norma general; los autobuses de gasoil se limitan a dar servicio a las zonas rurales menos accesibles. El sector industrial, por su parte, ha reducido su consumo en un 40%. La mitad de lo consumido es electricidad de origen renovable. El reto de las próximas décadas será sustituir con renovables el resto de los 800 ktep de origen fósil todavía consumidos en la industria, muy contaminantes y terriblemente caros.

Toda la energía consumida en los edificios es de origen renovable: sobre todo



Tabla 5
Comparativa de características de dos proyectos de parque eólicos según dos modelos diferentes de promoción, privada y cooperativa en el marco de un proceso participativo

PARQUE EÓLICO DE PROMOCIÓN PRIVADA

Maximiza el rendimiento económico, respetando justo los límites medioambientales establecidos por la legislación (respeto a áreas naturales, accesos, etc.)

La puesta en marcha del proyecto puede generar rechazo hacia las instalaciones que explotan los flujos renovables

Gran parte de los beneficios económicos escapan del entorno local

El colectivo que más se beneficia del proyecto (los inversores) no es el que más sufre los impactos negativos

La naturaleza del proyecto incentiva maximizar el tamaño de la instalación

Tramitación más rápida

La instalación puede percibirse como un proyecto impuesto

PARQUE EÓLICO PROMOVIDO POR UNA COOPERATIVA EN EL MARCO DE UN PROCESO PARTICIPATIVO

Una vez garantizada la sostenibilidad económica, será más importante minimizar el impacto global (visual, ocupación de terreno, etc.) que maximizar la rentabilidad de la inversión

El proceso participativo favorece la toma de conciencia sobre la necesidad de reducir el consumo de energía

Más beneficios económicos permanecen en la economía local

Existe un mayor solapamiento entre los colectivos que se benefician del proyecto y aquellos a los que más perjudica

La naturaleza del proyecto no incentiva maximizar el tamaño de la instalación

Tramitación más lenta

La instalación está legitimada ante la población cercana



electricidad, pero también calor proporcionado por colectores térmicos y geotermia, e importantes aportaciones de biomasa en las zonas rurales y núcleos urbanos de menor tamaño. El importante consumo eléctrico en el transporte (el 80%) y en la industria (el 50%), ambos de origen renovable, hacen que la dependencia de los combustibles fósiles se haya reducido desde más del 90% hace cuatro décadas al 36% en la actualidad. Aunque en términos absolutos consumimos el 18% de la energía fósil de principios de siglo. Esto ha permitido reducir las emisiones de CO₂ a la atmósfera en un 80%, casi en línea con los últimos objetivos europeos para 2050. Esto también ha permitido reducir nuestra dependencia energética exterior al 48%, desde el 90% de comienzos de siglo. Además, toda la electricidad que debemos importar –casi 6 TWh al año, de un consumo eléctrico total superior a 26 TWh– es de origen renovable.

El 60% del consumo energético final en Hego Euskal Herria es eléctrico. La electricidad nos proporciona movilidad, confort en los edificios, y en gran medida alimenta la industria. Todo suma para generar electricidad, de forma local y distribuida: un enorme parque de más de 7 GW de sistemas fotovoltaicos genera

electricidad en las cubiertas de los edificios, muchos de ellos industriales; varios centenares de pequeñas unidades aprovechan los abundantes saltos de agua de nuestra red fluvial, especialmente en Gipuzkoa y norte de Navarra; en la llanada alavesa y Navarra meridional los parques eólicos son compatibles con las explotaciones agrarias. En la vertiente cantábrica también se han instalado algunos pequeños parques eólicos en algunas cumbres, impulsados por administraciones locales que imponen un estricto control de los costes y beneficios, tanto ambientales como económicos. Y se espera que el déficit eléctrico actual pueda ser cubierto en el futuro por los casi 2 GW de aerogeneradores sobre plataformas flotantes a instalar en el Cantábrico, a una decena de kilómetros de la costa, durante la próxima década.

Para lograr este importante aprovechamiento de los flujos de energía renovable ha sido imprescindible, no solo una profunda reforma de toda la infraestructura energética, sino también del funcionamiento del resto de sectores de la economía.

La inevitable necesidad de renovar, sustituir o desmantelar las diversas infraestructuras al final de su vida útil se apro-



vechó desde muy temprano para reorientar todo el sector energético y gran parte del industrial hacia la generación renovable y la sostenibilidad. El aprovechamiento masivo de los flujos de energía renovable ha supuesto un cambio de paradigma. En 2050, la energía que consumimos se genera de forma distribuida en instalaciones modulares, flexibles, de pequeña escala y de naturaleza muy variada: aerogeneradores, paneles fotovoltaicos, pequeñas centrales térmicas de biomasa que alimentan redes urbanas de calefacción en invierno, pequeños sistemas geotérmicos, pequeñas presas hidroeléctricas... Muchas de estas instalaciones, así como las redes que las interconectan, son de propiedad pública local, lo que favorece su control social. El cambio de paradigma ha supuesto un enorme aumento de la complejidad del sistema, y de su gestión. Las inversiones que hubieron de ser realizadas durante la primera década de la transición fueron enormes, y supusieron un gran esfuerzo para la sociedad. Posteriormente, sin embargo, estas inversiones han sido más que compensadas por una importante reducción de la factura energética que hubiera supuesto la importación de combustibles fósiles. La enorme inversión, además, se ha canalizado en gran medida al sector

industrial y tecnológico de nuestro país, lo que ha favorecido la reconversión a las tecnologías sostenibles de multitud de empresas en muchos sectores. Esta reconversión industrial a la sostenibilidad energética también ha compensando la pérdida de empleos causada por las continuas crisis. La experiencia acumulada ha hecho de nuestro sector industrial un exportador de tecnología en redes inteligentes, generación renovable y eficiencia energética en la edificación y el transporte. Nuestra sociedad también se ha convertido en una exportadora de ideas en innovación social en áreas tan variadas como la movilidad sostenible y la optimización de las redes de transporte, o las dinámicas de participación ciudadana en la promoción de multitud de instalaciones. Estas dinámicas han resultado fundamentales para garantizar la sostenibilidad de las nuevas infraestructuras y han sido potentes palancas de concienciación social acerca de la necesidad de modificar hábitos de consumo y transporte.

En 2050 Euskal Herria no es, todavía, una sociedad sostenible. El cambio principal, sin embargo, ya se ha logrado. La administración, los responsables políticos, los agentes socioeconómicos y la población en general ya han asumido



que una civilización sólidamente sostenible exige, más que minimizar los impactos, hacer que estos tengan un encaje armonioso con el resto de subsistemas de este gran organismo vivo que es nuestro planeta. Y en el plano energético esto exige explotar exclusivamente los flujos de energía renovable, y cerrar completamente los ciclos de materiales evitando la generación de residuos –sean estos emisiones de CO₂ u otros contaminantes a la atmósfera, o desechos con exóticos y carísimos metales–.”



ANEXO

Unidades de potencia y energía. Equivalencias

Prefijos más habituales:

micro	μ	0, 000 001	una millonésima parte
mili	m	0, 001	una milésima parte
kilo	k	1 000	mil
mega	M	1 000 000	un millón
giga	G	1 000 000 000	mil millones
tera	T	1 000 000 000 000	un billón

La **potencia** está asociada al ritmo de consumo o de generación de energía. La unidad más común de potencia es el vatio (W), pero es muy pequeña. Por eso, se suele acompañar de prefijos:

- . Vatio (W). Las modernas bombillas LED tienen una potencia de consumo en torno a 10 vatios.
- . Kilovatio (kW). La máxima potencia de un horno microondas puede llegar al kilovatio.
- . Megavatio (MW). Los aerogeneradores tienen potencias de 2-4 megavatios.
- . Gigavatio (GW). La potencia de un reactor nuclear ronda el gigavatio.

La **energía** es la capacidad para realizar un trabajo físico. Se utilizan diferentes unidades para medir la energía, dependiendo del contexto:

- . Julio (J). Es una unidad muy pequeña de energía. La combustión de un litro de gasolina libera una energía de 34 megajulios. 1 megajulio (MJ) es un millón de julios.
- . Tonelada equivalente de petróleo (tep). Es la energía contenida en una tonelada de petróleo; equivale a 42 mil millones de julios (42 GJ). Las contabilidades energéticas de los Estados acostumbran a utilizar el ktep como unidad (mil tep).
- . Vatio-hora (Wh). Es la energía consumida en una hora por un dispositivo con un

vatio de potencia. Equivale a 3.600 julios.

- . Kilovatio-hora (kWh). El consumo eléctrico en las viviendas se mide en kilovatios-hora, y lo pagamos a un precio que ronda los 20-30 cent€/kWh.
- . Megavatio-hora (MWh). El consumo medio anual de las viviendas ronda los 3,5 megavatios-hora.
- . Teravatio-hora (TWh). Es una cantidad muy grande de energía. El consumo total de electricidad en la CAPV en 2012 apenas superó los 15 teravatios-hora.



Notas

- 1 Las referencias a los costes de explotación de los recursos energéticos realizadas a continuación deberán entenderse no solo en términos económicos sino también energéticos. No debe olvidarse en ningún momento que para lograr que una cierta cantidad de energía esté disponible para su consumo bajo la forma de un vector energético concreto –electricidad, carburante líquido, etc.– es necesario consumir previamente otra cierta cantidad de energía. El cociente entre estos dos conceptos es lo que se conoce como EROEI (Energy Returned On Energy Invested), o rentabilidad energética. El agotamiento de los recursos energéticos hace que el EROEI de la energía que consumimos tienda a descender. Algunos vectores energéticos –biocarburantes, petróleo y gas no convencionales– presentan EROEI muy pobres, solo parcialmente compensados por las mejoras tecnológicas.
- 2 El “efecto frontera” no justifica unas diferencias tan significativas.
- 3 Según el Cluster del Papel (2013), la producción de pasta y papel en la CAPV en 2011 ascendió a 1.403 toneladas, y aproximadamente un tercio de esa producción se destinó a la exportación. Pese a su importancia en el aprovechamiento de residuos de biomasa, el sector papelerero no puede ser la referencia o modelo a expandir de cara a lograr un mayor aprovechamiento de los flujos de energía renovable.
- 4 La valorización energética no es la mejor opción de tratamiento de los residuos. La valorización material, y sobre todo la prevención de la generación del residuo, tienen mayor prioridad en la jerarquía de residuos establecida por la Directiva 98/2008/CE, sobre residuos, de la Unión Europea.
- 5 El gobierno Vasco, por ejemplo, en relación al cumplimiento con Kioto, marcó en su momento un objetivo de emisiones de GEI del 114%, solo un 1% por debajo del objetivo europeo para España (115%). La solidaridad intracomunitaria podía permitir un menor sacrificio a España que el de la media europea, ya que las emisiones per cápita españolas son inferiores a la media europea. Pero no debemos olvidar que las emisiones per cápita en la CAPV y Navarra están por encima de la media europea, lo mismo que la renta per cápita.
- 6 El sector energético tradicional se refiere habitualmente al gas natural como “energía limpia”. El plan 3E-2020 se refiere a él bajo el eufemismo de “Energías Convencionales más Limpias”. Pero el gas natural es una energía de origen fósil, sujeta a agotamiento y con importantes impactos medioambientales. Su energía es más limpia que la del carbón, pero también mucho más sucia que la electricidad eólica, o fotovoltaica. Y cada año más cara.
- 7 Aunque el proyecto inicial es anterior a 1994.
- 8 El Gobierno Vasco no aplica, en sus contabilidades de emisiones de GEI, la normativa derivada del Protocolo de Kyoto, ya que computa las emisiones indirectas asociadas a la electricidad importada. Sin esta trampa contable las emisiones de 2011 resultan un 9% superiores a las de 1990. El Gobierno de Navarra realiza juegos malabares similares en sus contabilidades energéticas y de emisiones, en este caso en relación a la electricidad exportada. Estas “trampas” no tienen trascendencia, ya que los agentes que deben cumplir ante los Acuerdos internacionales son los Estados, y no las



Comunidades Autónomas. Estas prácticas, sin embargo, dejan clara la voluntad de las administraciones de ocultar la realidad a la ciudadanía y de aprovechar cualquier resquicio para vender una imagen más limpia.

- 9 La página 32 del plan 3E-2020 recoge la grave afirmación de que “los expertos han determinado el umbral de los 6°C como límite a partir del cual los cambios producidos serían estructurales e irreversibles, y afectarían drásticamente a los modos actuales de conducta humana”. Esto es falso. El consenso político internacional tras el COP15 de Copenhague sitúa el umbral de un cambio catastrófico en 2°C, e incluso el posterior acuerdo del COP16 de Cancún recogía la necesidad de explorar la necesidad de reducir el umbral de calentamiento global a 1,5°C.
- 10 El suministro anual total, de 16.000 Mtep, estaría compuesto por un 65% de electricidad renovable (2% hidroeléctrica, 43% fotovoltaica y termosolar, 20% eólica), un 6% de energía solar térmica, 3% de energía geotérmica, un 16% de biomasa, un 2% de otros flujos renovables y casi un 8% de consumo de combustibles fósiles, compatible con la necesaria mitigación de emisiones de GEI para hacer frente al cambio climático (Bueno, 2010).
- 11 Por ejemplo, duplicar la eficiencia energética con que un vector energético (carburante líquido, electricidad) se suministra a la demanda final a partir de un flujo energético primario (carbón, radiación solar) permite reducir a la mitad el suministro primario, manteniendo la demanda final.
- 12 No es extraño encontrarse locales públicos en los que la temperatura de climatización en verano es inferior a la de calefacción en invierno. Esto, además de ser un sinsentido y un derroche energético, está prohibido por la normativa (Real Decreto 1027/2007, Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios), que establece para los locales y edificios públicos una temperatura máxima de calefacción de 21 °C y mínima de refrigeración de 26 °C. En general, entre estas dos temperaturas no puede haber calefacción ni aire acondicionado en marcha en ningún momento.
- 13 Por ejemplo, la sustitución de electricidad generada en ciclos combinados de gas natural por electricidad fotovoltaica o eólica, además de reducir sustancialmente las emisiones de GEI, reduce casi a la mitad la demanda de energía primaria, ya que, en ausencia de pérdidas por transporte y distribución, mientras la eficiencia de los ciclos combinados ronda el 55%, la electricidad renovable computa igual en el consumo final y en el suministro primario.
- 14 El consumo del sector energético no se considera, en general, dentro del sector industrial.
- 15 El carsharing consiste en compartir un mismo coche entre varios usuarios, reduciendo el tiempo de inactividad; el carpooling persigue compartir el vehículo entre varios usuarios en un mismo trayecto.
- 16 Reducir significativamente el consumo de carnes, seguramente, la decisión individual que si fuera generalizada a una parte significativa de la población del mundo desarrollado tendría un mayor impacto positivo global en el ámbito de la sostenibilidad, debido a sus repercusiones en prácticamente todos los ámbitos: consumo de energía, emisiones de GEI, transporte, consumo de agua, demanda de terrenos cultivables y pastos... sin olvidar los beneficios personales en la salud (enfermedades cardiovasculares, sobrepeso) y económicos.



- 17 El Gobierno Vasco, por ejemplo, computa como emisiones de CO2 ligadas a la CAPV las emitidas fuera de la comunidad al generar la electricidad que importamos.



Bibliografía

- Arto et al., 2012. I. Arto, A. Genty, J. M. Rueda-Cantucho, A. Villanueva, V. Andreoni, JRC SCIENTIFIC AND POLICY REPORTS. Global Resources Use and Pollution, Volume 1 / Production, Consumption and Trade (1995-2008), Luxemburgo, 2012.
- Boyle, 2009. G. Boyle (ed.), Renewable electricity and the grid : the challenge of variability, Earthscan, Londres, 2009.
- Bueno, 2007. G. Bueno, Energia urriko mundu baterako gida, Manu Robles-Arangiz Institutua fundazioa, Bilbo, 2007.
- Bueno et al., 2010. R. Lago, I. Barcena, G. Bueno, The Ecological Debt and Energy Model Change for Environmental Justice, in: K. Unceta and A. Arrinda (Ed.), Development Cooperation: Facing the Challenges of Global Change, Center for Basque Studies, University of Nevada, 2010.
- Bueno, 2012a. G. Bueno, Análisis de la sostenibilidad energética de los biocarburantes en la Directiva 2009/28/CE de energías renovables, 2012, <<http://bai.eusko-ikas-kuntza.org/bloga/SostenibilidadBiocarbura ntes.pdf>>.
- Bueno, 2012b. G. Bueno, Analysis of Scenarios for the Reduction of Energy Consumption and GHG Emissions in Transport in the Basque Country. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012.
- Bueno, 2012c. G. Bueno, Europar Batasunaren energia-politikaren bidaia-orri berria eta horren ondorioak Euskal Herriko garraio eta eraikuntzan, Aldiri, 2012.
- CES-EGAB, 2011. Consejo Económico y Social Vasco, El desarrollo de las energías renovables en la Comunidad del País Vasco, diciembre 2011, <http://www.cesvasco.es/LinkClick.aspx?link=Estudios_Informes_ES%2f109-3+EERR_cast_web+marzo+2012.pdf.pdf&tabid=92&mid=564&language=es-ES>.
- Cluster del Papel, 2013. ASOCIACIÓN CLUSTER DEL PAPEL DE EUSKADI , Informe Estadístico 2012, junio 2012.
- CO2ScoreBoard, 2013. <<http://www.co2scorecard.org/countrydata/trendchart>>.
- CNE, 2012-2013. Comisión Nacional de Energía, Dirección de Inspección, liquidaciones y compensaciones. LIQUIDACIÓN DE LAS PRIMAS EQUIVALENTES, PRIMAS, INCENTIVOS Y COMPLEMENTOS A LAS INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN RÉGIMEN ESPECIAL, enero-diciembre 2012.
- CNE, 2013. Comisión Nacional de la Energía, Dirección de Hidrocarburos , INFORME MENSUAL DE SUPERVISIÓN DEL MERCADO MAYORISTA DE GAS, marzo 2013.
- EEA, 2013. European Environmental Agency, Annual European Union greenhouse gas inventory 1990–2011 and inventory report 2013 Submission to the UNFCCC Secretariat, 2013.
- EVE, 2012. Ente Vasco de la Energía, EUSKADI ENERGIA 2011 Energia datuak Datos energéticos, 2012.
- EVE, 2013. Ente Vasco de la Energía, EUSKADI ENERGIA 2012 Energia datuak Datos energéticos, 2013.



- FAO, 2013. A. Elbehri, A. Segerstedt and P. Liu, Biofuels and the sustainability challenge: A global assessment of sustainability issues, trends and policies for biofuels and related feedstocks, TRADE AND MARKETS DIVISION, FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Rome, 2013.
- Fulli, 2011. G. Fulli et al., Evolutions and Challenges towards a Potential Pan-European HVAC/HVDC SuperGrid, Proceedings of Cigré International Symposium - The Electric Power System of the Future, 2011.
- GFN, 2013. Global Footprint Network, The National Footprint Accounts, 2012, 2013.
- Gobierno de Navarra, 2011. III Plan Energético de Navarra horizonte 2020, 2011, <http://www.navarra.es/home_es/Gobierno+de+Navarra/Organigrama/Los+departamentos/Economia+y+Hacienda/Acciones/Planes+y+programas/Acciones+Industria+y+empleo/Energia/>.
- Gobierno de Navarra, 2012a. Gobierno de Navarra, Balance Energético de Navarra 2011, 2012.
- Gobierno de Navarra, 2012b. SERVICIO DE CALIDAD AMBIENTAL – DPTO. DESARROLLO RURAL, MEDIO AMBIENTE Y ADMINISTRACIÓN LOCAL (Gobierno de Navarra), Informe-Resumen INVENTARIO EMISIONES DE GEI S DE NAVARRA 2011 , 2012.
- Gobierno Vasco, 2012. DEPARTAMENTO DE INDUSTRIA, INNOVACIÓN, COMERCIO Y TURISMO, ESTRATEGIA ENERGÉTICA DE EUSKADI 2020 , 2012, <<http://www.eve.es/CMSPages/GetFile.aspx?guid=2a131238-33d9-4769-b321-b2a76bb76e4f>>.
- Gobierno Vasco, 2013. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, Emisiones directas y totales de Gases de Efecto Invernadero por sectores de actividad. C.A. del País Vasco. 1990-2011, 2013, <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r4-11293/es/contenidos/estadistica/gases_gei-semisiones/es_ing_geis/adjuntos/EmisionesSectorialesGEIxEjgvDir_11.xls> .
- Gobierno Vasco, 2014. Proyecto Técnico y Estudio de Impacto Ambiental de la planta de Biomasa Forestal en Errigoiti, <http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-orokorra/es/contenidos/informacion/bioforest/es_ip/inicio.html>.
- Greenpeace, 2007. Greenpeace, REVOLUCIÓN ENERGÉTICA. El potencial de las energías renovables en la CAPV y Navarra, Manu Robles-Arangiz Institutua Fundazioa, 2007, <http://www.mrafundazioa.org/es/centrode-documentacion/medioambiente/ingurugaiak-revolucion-energetica/at_download/file>.
- Greenpeace, 2012. Greenpeace International, European Renewable Energy Council (EREC), Global Wind Energy Council (GWEC), Energy [r]evolution. A SUSTAINABLE WORLD ENERGY OUTLOOK, report 4th edition 2012 world energy scenario, 2012.
- Harvey, 2006. L.D. Harvey, A Handbook on Low-Energy Buildings and District-Energy Systems: Fundamentals, Techniques and Examples, Routledge, Londres, 2006.
- Hughes, 2013. Drill, Baby, Drill: Can Unconventional Fuels Usher in a New Era of Energy Abundance?, Post Carbon Institute, 2013.

- IDAE, 2011. Departamento de Planificación y Estudios , IDAE, Proyecto SECH-SPAHOUS-SEC. Análisis del consumo energético del sector residencial en España, julio 2011 .
- IEA, 2008. International Energy Agency, World Energy Outlook 2008.
- IEA, 2010. International Energy Agency, World Energy Outlook 2010.
- IEA, 2012a. Golden Rules for a Golden Age of Gas World Energy Outlook. Special Report on Unconventional Gas, 2012.
- IEA, 2012b. International Energy Agency, World Energy Outlook 2012.
- IEA, 2013a. Key World Energy STATISTICS , 2013.
- IEA, 2013b. International Energy Agency Statistics Database , <<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/>>.
- IEA, 2013c. International Energy Agency, World Energy Outlook 2013.
- IPCC, 2013. Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report
- Climate Change 2013: The Physical Science Basis , 2013.
- McDonough y Braungart, 2002. W McDonough, M. Braungart, Cradle to Cradle: Remaking the Way We Make Things, North Point Press, 2002.
- OMIE, 2013. Operador del Mercado Ibérico de Energía, Resultados del Mercado, <<http://www.omel.es/files/flash/ResultadosMercado.swf>>.
- Otxandioko Udala, 2012. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA ABASTECER CON BIOMASA LOCAL UN SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE EDIFICIOS MUNICIPALES EN OTXANDIO , mayo 2012, <http://www.otxandio.net/fitxategiak/Otxandioko_biomasa_ikerketa.pdf>.
- Pfeiffer, 2006. D. A. Pfeiffer, Eating Fossil Fuels: Oil, Food and the Coming Crisis in Agriculture, New Society Publishers, 2006.
- REE, 2013. Red Eléctrica de España, Informes del Sistema Eléctrico Español, <<http://www.ree.es/es/publicaciones/sistema-electrico-esp%C3%B1ol>>.
- REE, 2014. Red Eléctrica de España, Avance del informe del Sistema Eléctrico español 2013, <http://www.ree.es/sites/default/files/downloadable/avance_informe_sistema_electrico_2013.pdf>.
- Reijnders, 2006. L. Reijnders, Conditions for the sustainability of biomass based fuel use, Energy Policy, Volume 34, Number 7, 2006, 863-876.
- Roberts, 2009. P. Roberts, The End of Food, Houghton Mifflin Harcourt, 2008.
- Smil, 2008. V. Smil, Energy in Nature and Society. General Energetics of Complex Systems, The MIT Press, Cambridge, 2008.
- UE, 1997. Comisión Europea, Energía para el futuro: fuentes de energía renovables. Libro Blanco para una Estrategia y Plan de Acción Comunitarios, COM(97)599,1997.
- UE, 2006. Comisión Europea, Plan de acción para la eficiencia energética: realizar el potencial, COM(2006)545, 2006.
- UE, 2007. Comisión Europea, Communication from the Commission to the European Council and the European Parliament. An Energy Policy for Europe, COM(2007)1, 2007.



- UE, 2011a. Comisión Europea, COM(2011)112, Hoja de ruta hacia una economía hipocarbónica competitiva en 2050, marzo 2011.
- UE, 2011b. Comisión Europea, COM(2011)885, Hoja de Ruta de la Energía para 2050, diciembre 2011.
- UE, 2011c. Comisión Europea, COM(2011)109, Plan de Eficiencia Energética 2011, marzo 2011.
- UNFCCC, 2009. Copenhagen Accord, 2009.
- WBGU, 2004. German Advisory Council on Global Change, World in Transition, Volume Three: Towards Sustainable Energy Systems 3, Londres, Earthscan, 2004.
- WBGU, 2009. German Advisory Council on Global Change, Future Bioenergy and Sustainable Land Use, Londres, Earthscan, 2009.
- Zabalgarbi, 2013. INFORME ANUAL DE CUMPLIMIENTO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA AMBIENTAL DE ZABALGARBI, S.A. (AÑO 2012), marzo de 2013.

