

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

**ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS AHORROS EN IMPORTACIÓN DE
COMBUSTIBLES FÓSILES Y DERECHOS DE EMISIÓN DE CO₂, DERIVADOS DE
LA POLÍTICA PÚBLICA DE SUBVENCIÓN MEDIANTE PRIMAS A LA
GENERACIÓN DE LA ENERGÍA EÓLICA, FOTOVOLTAICA Y TERMOSOLAR EN
ESPAÑA**

Alberto Antorán Ponce

alberto.antorán@ub.edu

Facultat d'Economia i Empresa, Torre 6 planta 3, Av. Diagonal 690 08034 Barcelona

Telef: 93 402 29 000

Universitat de Barcelona, Febrero, 2012

1. Resumen

En los últimos 12 años España ha desarrollado una fuerte política de fomento a las energías renovables (principalmente eólica) y pretende de acuerdo a la transposición de la Directiva 2009/28/CE (anexo I, parte A), recogida en el “Plan de Acción de Energías Renovables de España (PANER) 2011- 2020” del Ministerio de Industria y Energía, alcanzar un objetivo de producción de energía eléctrica mediante fuentes renovables del 40% para el 2020. Actualmente (año 2010) dicha producción asciende al 35 % gracias al fuerte crecimiento de la eólica que alcanzó una cobertura del 15,6%, convirtiéndose en la tercera fuente de energía detrás de la nuclear y del gas. Este logro ha sido posible gracias a la política de primas a la producción con que se ha subvencionado esta energía y que ha permitido igualmente desarrollar un fuerte sector económico en el ámbito de las renovables, que ostenta a fecha de hoy una posición de liderazgo en el ámbito mundial. Sin embargo algunas voces cuestionan esta política aduciendo que se debería haber fomentado la generación eléctrica cuyo coste de producción fuese inferior, optando para ello por otras fuentes como la nuclear o la térmica. Prescindiendo de la opción nuclear como una alternativa por el fuerte rechazo social que sufre y que es previsible siga haciéndolo durante los próximos años, la alternativa

cabe centrarla en la generación térmica mediante combustibles fósiles. Este trabajo pretende realizar un análisis de costes de la política pública de primas desarrollada en favor de las energías eólica, fotovoltaica y termosolar, respecto los beneficios derivados de la reducción de importaciones de combustibles fósiles así como de la disminución de las emisiones de CO₂, en comparación con el que podría haberse obtenido de haberse utilizado fuentes de generación térmica como alternativa. El análisis se realiza para el periodo 1998 – 2010 y se proyecta al periodo 2011 - 2020 según las previsiones de crecimiento de las energías renovables recogidas en el PANER 2011 – 2020 que desarrolla los objetivos de energías renovables recogidos en la Directiva 2009/28/CE para cada Estado miembro de la UE. Para ello se analizarán dos escenarios de generación térmica: uno mediante el pool actual de generación basado en centrales de carbón, fuel-oil y ciclos combinados de gas y otro en el que la totalidad de la producción hubiese sido generada mediante centrales térmicas y ciclos combinados de gas. El alcance de este estudio no incluye los cobeneficios sociales y económicos derivados del desarrollo de una industria nacional y sus exportaciones, ni otros flujos económicos de carácter fiscal.

PALABRAS CLAVE: Energía eólica, termosolar, fotovoltaica y coste beneficio

CÓDIGO JEL: Q01, Q42, Q48, H0

2. Introducción

España ha experimentado desde finales de la década de los ochenta, una transformación gradual de del sector eléctrico a través del fomento a la denominada generación de régimen especial que año tras año gana peso respecto la “ordinaria” basada en el uso mayoritario de combustibles fósiles y energía nuclear. Esta transición viene originada por la cada vez mayor escasez de las fuentes energéticas tradicionales, la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y al hecho que el país no posee fuentes de energía primarias de origen fósil, habiéndose mantenido el grado de dependencia energética exterior durante tres décadas en torno al 77% (Datos del Ministerio de Industria elaborados a través de la metodología de la Agencia Internacional de la Energía. [PAAEE 2011 – 2020])

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Dentro de este contexto así como de los compromisos internacionales (Protocolo de Kyoto, Acuerdo de Copenhage) y comunitarios adquiridos por el gobierno de España (Directiva 2009/28/CE) [Martínez de Alegría Mancisidor, Itziar; et all (2009)] en cuanto a la protección del medio ambiente y fomento de las energías renovables, se ha realizado una apuesta significativa para impulsar el desarrollo de las energías renovables a través de un sistema de primas a la producción que ha impulsado la fuerte inversión realizada en este sector (Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo que establece las actuales retribuciones del sector) [Del Río, Pablo; Gual, Miguel A. (2007)] y [Del Río Gonzalez, Pablo (2008)]. De todas las nuevas tecnologías eléctricas renovables, la eólica es la que ha adquirido un mayor porcentaje de participación en cuanto a potencia instalada y producción eléctrica suministrada a la red, mientras que la fotovoltaica y la termosolar han empezado a ganar protagonismo en los últimos años. Así y a fecha 31 de diciembre de 2010, la potencia eólica instalada ascendió a 20.057 MW [REE (2010)] y supuso el 16,64% del total la cobertura de la demanda eléctrica peninsular durante dicho año [REE (2010)] constituyendo desde el 2009 la tercera fuente de energía eléctrica tras superar a la generada mediante carbón e hidráulica [REE (2010)] (Tabla 1).

Este trabajo pretende analizar los beneficios de las energías eólica, fotovoltaica y termosolar (en adelante nos referiremos a ellas indistintamente como energía renovable sin incluir a otras como la hidráulica o la biomasa) derivados del ahorro de la importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, confrontándolos con los costes incurridos mediante las primas a la producción que reciben para su desarrollo y promoción. No se contabilizan otros beneficios derivados del desarrollo de un sector industrial propio así como otros costes indirectos en los que se incurre en el sistema eléctrico tales como las inversiones necesarias sobre la red de transporte y distribución para acomodar la producción de origen renovable así como el incremento de los pagos por capacidad para asegurar las inversiones en capacidad a medio y largo plazo derivados de un menor uso de las unidades de producción que garantizan la cobertura eléctrica en ausencia de producción renovable (fundamentalmente centrales térmicas).

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

El análisis efectuado se realiza bajo dos escenarios alternativos de producción de la energía renovable: uno primero en el que la energía se hubiese generado mediante todo el pool térmico existente y otro segundo bajo la consideración que ésta hubiese sido producida en su totalidad mediante centrales de gas de mayor eficiencia y menores emisiones. Su periodo de análisis se divide en dos: desde el año 1998 hasta el año 2010 y desde el año 2011 al 2020, de acuerdo a las previsiones de crecimiento en energía eléctrica de origen renovable recogidas en el PANER 2011 – 2020 según los objetivos asignados a España por la Directiva 2009/28/CE (Tabla 2)

Hasta nuestro mejor conocimiento los únicos intentos para evaluar dichos impactos han sido realizados por la [AEE(2010)] para el sector eólico y por [Protermosolar - Deloitte (2011)] para el sector termosolar, dentro de un escenario alternativo de producción compuesto únicamente por el pool térmico existente en la actualidad.

La estructura del trabajo es la siguiente: 3 Revisión bibliográfica; 4 Directiva 2009/28/CE y expectativas de crecimiento de la eólica, fotovoltaica y termosolar en España; 5 Modelo de análisis; 6 Resultados; 7 Conclusiones;

CAPACIDAD, GENERACIÓN Y PRIMAS EÓLICA, FOTOVOLTAICA Y TERMO-SOLAR													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAPACIDADES MW													
Eólica (* - I)	760	1.493	2.298	3.442	4.927	6.138	8.479	10.055	11.521	14.667	16.148	18.961	20.057
Solar FV (* - II)	1	2	2	4	8	12	24	49	148	705	3.463	3.648	3.847
Solar TS (* - II)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	532
GENERACIÓN (GWh)													
Eólica (* - I)	1.237,00	2.474,00	4.462,00	6.600,00	9.257,00	11.720,00	15.753,00	20.858,00	22.881,00	27.249,00	31.758,00	37.401,00	43.355,00
Solar FV (* - II)	1,20	1,36	1,27	1,70	4,74	9,38	18,48	41,12	106,65	496,79	2.548,63	6.084,09	6.387,74
Solar TS (* - II)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	691,52
APORTACION A LA DEMANDA PENINSULAR													
Eólica	0,71%	1,34%	2,29%	3,21%	4,38%	5,19%	6,68%	8,43%	8,97%	10,38%	11,97%	14,83%	16,64%
Solar FV	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,02%	0,04%	0,19%	0,96%	2,41%	2,45%
Solar TS	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,27%
PRIMAS (Millones €) (* - II)													
Eólica	92,29 €	180,32 €	315,45 €	464,20 €	380,11 €	296,68 €	457,81 €	626,78 €	905,71 €	1.198,39 €	2.146,65 €	4.208,36 €	4.796,82 €
Solar FV	0,08 €	0,28 €	0,29 €	0,42 €	1,19 €	2,53 €	6,15 €	14,00 €	39,89 €	194,82 €	990,83 €	2.612,43 €	2.649,34 €
Solar TS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	184,85 €
PRIMAS €/MWh													
Eólica	74,54 €	72,77 €	70,63 €	70,27 €	40,93 €	25,10 €	28,67 €	29,38 €	37,84 €	36,83 €	36,39 €	42,67 €	45,27 €
Solar FV	69,86 €	208,89 €	226,45 €	249,72 €	252,00 €	269,98 €	332,52 €	340,40 €	374,06 €	392,16 €	388,77 €	429,39 €	414,75 €
Solar TS	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	267,31 €

(* - I) Fuente REE (Red Eléctrica Española) --> "Informes sistema eléctrico español"

(* - II) Fuente: CNE --> "Información estadística sobre las ventas de energía del régimen especial"

Tabla 1. Capacidad, generación y primas eólica, fotovoltaica y termosolar)

3. Revisión bibliográfica

En la última década, las energías renovables y particularmente la eólica, han experimentado en España un fuerte crecimiento que ha sido ensalzado como de éxito [Rivier Abbad, Juan (2010)]. Junto a España, Alemania ha sido el país de la UE que más potencia eólica ha instalado [Sensfuß, Frank; Ragwitz, Mario; Genoese, Massimo (2008)]; [Agnolucci Paolo (2006)]; [Büsgen, Uwe; Dürrschmidt, Wolfhart (2009)].

Sin embargo y de forma paralela a este desarrollo, se ha venido produciendo en los últimos tiempos un debate sobre el elevado coste de la política de estímulo a las renovables. Los incentivos deben ser suficientes para estimular la inversión pero limitados para no desincentivar la mejora e innovación. Y deben ser necesariamente evolutivos para adaptarse a las mejoras en costes [Del Río, Pablo (2010)]. Fruto de ello ha dado como resultado el Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo y sus posteriores actualizaciones y modificaciones [Real Decreto 1565/2010 y Real Decreto 1614/2010]. Del diseño adecuado del esquema de retribución a implementar dependerá el grado de inversión efectivo que se realice así como la posibilidad que arrastrado por éste, se llegue a crear una industria propia que apoye este desarrollo, generándose con ello otros cobeneficios económicos y sociales [Meyer, Niels I. (2003)]. Estos esquemas lejos de ser estáticos a lo largo del tiempo, deben evolucionar para incentivar las inversiones necesarias en I+D que permitan mejorar la tecnología existente y alcanzar finalmente la rentabilidad tecnológica por si misma al margen de los apoyos públicos que se implementen [Hiroux, Sagan (2010)]; [Toke, David (2007)]

Con esta finalidad en Europa se han implementado diferentes esquemas de promoción en función de los objetivos de cada país, de las prioridades políticas elegidas así como del acierto en el diseño e implementación de la política efectuada [Haas, Reinghard; Resch, Gustav, et all (2011)]; [Haas, Reinghard, Panzer Christian, et all (2011)]; [Haas, Reinhard; Eichhammer, W; et all (2004)]; [Meyer, Niels I. (2003)]; [Saidur, R; Islam M.R.; et all (2010)].

A los esquemas habituales de promoción basados en primas (feed-in tariffs) [Del Río, Pablo (2010)]; [Fouquet, Doerte; Johansson, Thomas B (2008)]; [Verbruggen, Aviel; Lauber, Volkmar

(2009)]; [Muñoz, Miquel; Oschmann Volker; Tàbara, J. David (2007)] en certificados verdes – “*Guarantees of origin*” [Ragwitz, Mario; del Río González, Pablo; Resch, Gustav (2009)]; [Midttun, Atle; Gautesen, Kristian (2007)]; [Ringel, Marc (2006)], o en cuotas [Butler, Lucy; Neuhoff, Karsten (2008)]; [Alishashi, Ehsan; Moghaddam, Mohsen P; et all (2011)] cabe añadir políticas de estímulo fiscal que en el caso europeo son igualmente diferentes entre países [Cansino, Jose M; Pablo-Romero, María del P. et all (2010)].

Las distintas configuraciones que cada país implementa proporcionan argumentos a favor y en contra [Klessman, Corinna; Nabe, Christian; Burges, Karsten (2008)] siendo el sistema de ayudas públicas implementado en España para fomentar la energía eólica destacado por los notables efectos que ha tenido tanto en la promoción e inversión en parques eólicos, como en el desarrollo de una industria manufacturera potente y sólida asociada [Stenzel, Till; Frenzel, Alexander (2008)]. En España las subvenciones a la energía eólica se ha realizado mediante un sistema de primas a la producción que ha ido evolucionando desde su implementación y ha experimentado diversas variaciones [Del Río, Pablo; Gual Miguel A. (2007)]; [Del Río González, Pablo (2008)].

Uno de los argumentos habituales para apoyar las políticas públicas de fomento a las energías renovables se fundamentan en los beneficios derivados del desarrollo de un sector industrial propio [Saidur, R; Islam, M.R.; Rahim, N.A.; Solangi, K.H. (2010)]. El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético) perteneciente al Ministerio de Industria y Energía ha publicado como estudio técnico adjunto al PER (2011 – 2020) el “Impacto económico de las energías renovables en el sistema productivo español”. [San Miguel, Guillermo; del Río, Pablo; Hernández, Félix (2010)] han analizado igualmente algunos de los cobeneficios económicos que las energías renovables han tenido en España Por su parte y abordando un estudio internacional, [Lund P.D. (2009)] analiza los efectos de las políticas de apoyo a las energías renovables en el desarrollo de un sector industrial asociado, y si bien destaca que las políticas públicas que fomentan la producción pueden tener una influencia positiva sobre el desarrollo industrial en un país, éstas no son exclusivamente necesarias para lograr dicho fin tal y como demuestra el caso de Noruega que ha

conseguido desarrollar un potente sector en el ámbito fotovoltaico gracias en parte a las ayudas directas a la investigación en lugar de a la producción eléctrica.

Otro de los efectos positivos de la energía eólica y de las energías renovables en general, se argumenta en que contribuyen a reducir el precio de venta de la electricidad en mercado mayorista. Este efecto, ha sido analizado en primer lugar y hasta nuestro mejor conocimiento por [Jensen y Skytte (2003)]. Posteriormente y para el mercado español, ha sido igualmente estudiado por [Sáenz de Miera, Gonzalo; Del Río González, Pablo et al (2008)] para los años 2005, 2006 y el primer cuatrimestre del 2007 y por [Gelabert, Liliana; Labandeira, Xavier; Linares, Pedro (2011)] entre los años 2005 y 2009. Para el mercado alemán existen igualmente otros estudios como el de [Sensfuß, Frank; Ragwitz, Mario; Genoese, Massimo (2008)].

Junto a la reducción de los precios de venta de la electricidad, el desarrollo de la energía eólica ha comportado un menor número de horas de funcionamiento de las centrales térmicas, lo que conlleva a su vez mayores dificultades para su amortización y que las inversiones necesarias para las mismas puedan verse cuestionadas [Thure Traber, Claudia Kemfert (2011)]. Dada la necesidad de disponer de potencia de reserva para las situaciones en las que el recurso eólico es inexistente, potencia que suele proporcionarse principalmente mediante centrales térmicas, resulta necesario habilitar mecanismos compensatorios para los productores de energía eléctrica de origen térmico que permitan asegurar las inversiones necesarias. En el caso español este problema se ha resuelto mediante los pagos por capacidad, que permiten asegurar potencia disponible en el sistema aunque esta no se utilice, y aunque su justificación responde a diferentes causas, cabe pensar que el incremento de la energía eólica constituye un motivo para su encarecimiento, por lo que cabe interpretar en parte a éstos como un coste indirecto de la energía eólica. Aunque [Delarue, Erik D. ; Luickx, Patrick J.; D'haeseleer, William D. (2009)] y [Thure Traber, Claudia Kemfert (2011)] tratan los problemas de la integración de la energía eólica con la térmica y la necesidad de una adecuada capacidad de previsión de la producción, los pagos por capacidad no han sido tratados hasta nuestro mejor conocimiento por la literatura existente.

Si bien los argumentos que justifican la política de apoyo a las energías renovables se centran en numerosas ocasiones en los ahorros de combustibles fósiles importados así como de certificados de emisión de CO₂, el único estudio realizado en España hasta nuestro mejor conocimiento en éste ámbito lo realiza para la energía eólica [AEE(2010)] y para la termosolar [Protermosolar - Deloitte (2011)] y [Caldés, N; Varela, M; Santamaría, M; Saéz, R (2009)] que analizan principalmente su impacto económico desde una perspectiva industrial. [AEE(2010)] limita su ámbito temporal al periodo 2005-2009 y lo analiza bajo el único escenario alternativo en que la producción eólica hubiese sido generada mediante el pool eléctrico existente sin realizar otras consideraciones como que el mismo podría haberse realizado alternativamente en su totalidad mediante centrales de ciclo combinado de mayor eficiencia y menores emisiones. Asimismo y a pesar de que para el año 2020 [PANER 2010 -2020] se prevé casi doblar la potencia eólica actual, no existen hasta nuestro mejor conocimiento estudios que analicen los costes y beneficios derivados de los ahorros en emisiones e importación de combustibles fósiles para dicho horizonte, aunque cabe mencionar a [Linares, P.; Santos, F.J.; Pérez-Arriaga, I.J. (2008)] y [Foidart, F; Oliver-Solá, J; Gasol C.M.; Gabarrell, X; Rieradevall, J (2010)] para el conjunto de las energías renovables y su efecto en la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Por último destacar los trabajos de [Snyder Brian; Kaiser, Mark J. (2009)] que realizan un estudio de coste beneficio para comparar la energía eólica terrestre y la marina y de [Denny, Eleanor (2007)] que realizan un amplio análisis de coste beneficio de la energía eólica para Irlanda.

4. Directiva 2009/28/CE y expectativas de crecimiento de la eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Abril de 2009 relativa al fomento y uso de energía procedente de fuentes renovables

A pesar de las limitaciones del protocolo de Kioto y del Acuerdo de Copenhague, motivadas por las dificultades para alcanzar un acuerdo global entre los principales países responsables de las

emisiones (Estados Unidos) así como de los países en desarrollo (China, India), la UE decidió de forma unilateral en el Consejo Europeo de marzo de 2007 reducir sus emisiones en un 20% en 2020 respecto a las de 1990 fijando los objetivos en materia energética y medioambiental denominados 20/20/20 para 2020 [CE (2007)]. Se pretendía con ellos que en el 2020 el 20% de la energía final provenga de fuentes renovables, que la eficiencia energética mejore en un 20% frente al escenario tendencial y que las emisiones de GEI se reduzcan igualmente en un 20% (20/20/20) [Harmsen, Robert; Wesselink, Bart; Eichhammer, Wolfgang; Worrell Ernst (2011)]. Fruto de estos objetivos se aprobó el llamado Paquete Verde que incluía la “Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de Abril de 2009 relativa al fomento y uso de energía procedente de fuentes renovables” (que modificaba a la Directiva 2003/87/CE), la Directiva de revisión del mecanismo de comercio de derechos de emisión de CO₂ y la decisión de reparto de esfuerzo de reducción de emisiones entre los estados miembros.

La Directiva 2009/28/CE fijó como objetivos globales y vinculantes alcanzar para el año 2020 una cuota del 20% de energías renovables sobre el consumo de energía final total y del 10% sobre el consumo de combustibles para el transporte. Para alcanzar estos objetivos, definía en su Anexo I unos objetivos individuales por Estado miembro de acuerdo a las diferentes situaciones de partida de cada uno de ellos, del potencial de desarrollo de renovables que estima puedan alcanzar y de la estructura de producción de energía que poseen, estableciendo una trayectoria indicativa bianual para alcanzar el objetivo final del año 2020. De acuerdo a esta trayectoria, cada Estado miembro debía presentar un plan de acción nacional en materia de energías renovables (PANER) antes del 30 de junio del 2010, en el que se indicase la contribución que la eficiencia energética y el ahorro energético podían aportar para alcanzar los objetivos nacionales asignados.

PANER 2011 - 2020: Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España

El PANER es un modelo estándar y obligatorio recogido en el Artículo 4 de la Directiva 2009/28/CE y en él se debe recoger entre otros el consumo final bruto previsto de energía en

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

electricidad, transporte, calefacción y refrigeración para 2020 y la estimación de cuotas de energía renovable en electricidad, transporte calefacción y refrigeración. De acuerdo al mismo, la aportación de las energías renovables al consumo final bruto de energía en el año 2020 debería ser en España del 22,7%, con una producción eléctrica de origen renovable del 40%. Este excedente respecto su objetivo particular del 20% deberá permitir que España realice transferencias estadísticas entre Estados de la UE para alcanzar el objetivo global de la Unión del 20% (Artículo 6 Directiva 2009/28/CE). En la Directiva no se definen mecanismos compensatorios para estas transferencias aunque es razonable pensar que los mismos se implementen bajo los denominados mercados de certificados verdes [Söderholm, Patrik (2008)]. No se evaluarán en este estudio.

Estimación generación eléctrica origen eólica, fotovoltaica y termosolar PANER 2011-2020 España												
	2005		2010		2011		2012		2013		2014	
	MW	GWh										
Energía solar	60	41	4.653	7.561	5.877	9.945	6.949	12.553	7.693	14.570	8.300	16.123
Energía fotovoltaica	60	41	4.021	6.417	4.498	7.324	4.921	8.090	5.222	8.709	5.553	9.256
Energía solar concentrada	0	0	632	1.144	1.379	2.621	2.028	4.463	2.471	5.861	2.746	6.867
Energía eólica	9.918	20.729	20.155	40.978	21.855	43.668	23.555	47.312	24.986	50.753	26.466	53.981
en tierra (<i>Onshore</i>)	9.918	20.729	20.155	40.978	21.855	43.668	23.555	47.312	24.986	50.753	26.416	53.906
mar adentro (<i>Offshore</i>)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	75
	2015		2016		2017		2018		2019		2020	
	MW	GWh										
Energía solar	8.966	17.785	0	19.649	10.508	21.741	11.394	24.088	12.371	26.719	13.445	29.669
Energía fotovoltaica	5.918	9.872	6.319	10.565	6.760	11.345	7.246	12.222	7.780	13.208	8.367	14.316
Energía solar concentrada	3.048	7.913	3.381	9.084	3.747	10.397	4.149	11.866	4.592	13.511	5.079	15.353
Energía eólica	27.997	57.086	29.778	60.573	31.708	64.483	33.639	68.652	35.819	73.197	38.000	78.254
en tierra (<i>Onshore</i>)	27.847	56.786	29.278	59.598	30.708	62.238	32.139	64.925	33.569	67.619	35.000	70.502
mar adentro (<i>Offshore</i>)	150	300	500	975	1.000	2.245	1.500	3.727	2.250	5.577	3.000	7.753

Tabla 2. Estimación generación eólica, fotovoltaica y termosolar PANER 2011 - 2020

Plan de Energías Renovables (PER) 2011 – 2020

Como continuación del PANER, la Secretaria de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio aprobó con fecha 11 de Noviembre el PER 2011-2020 (Plan de Energías Renovables), a través del IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro Energético). Este Plan incluye los elementos esenciales del PANER así como análisis adicionales no contemplados en el mismo y un detallado análisis sectorial que contiene, entre otros aspectos, las perspectivas de evolución tecnológica y la evolución esperada de costes.

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

El PER confirma los objetivos de potencia eólica terrestre instalados para el año 2020 (35 GW) desglosándolos en 34.700 MW de media y gran potencia y en 300 MW de pequeña potencia. Por el contrario modifica los objetivos de eólica marina, reduciéndolos a 750 MW respecto los 3.000 MW contemplados en el PANER 2011-2020. La producción estimada de eólica se reduce a una estimación de 73.500 GWh respecto los 78.255 GWh del PANER, para lo cual el rendimiento esperado en horas anuales equivalentes varía tanto para la potencia eólica terrestre como para la marina (Tabla 3)

PANER 2011 -2020					PER 2011 -2020				
	Potencia Instalada MW	Rendimiento	Horas anuales equivalentes	Producción 2020		Potencia Instalada MW	Rendimiento	Horas anuales equivalentes	Producción 2020
Terrestre	35.000	22,99%	2.014	70.502	Terrestre	35.000	23,17%	2.029	71.025
Marina	3.000	29,50%	2.584	7.753	Marina	750	37,67%	3.300	2.475
TOTAL	38.000			78.255	TOTAL	35.750			73.500

Elaboración propia. Fuente PANER 2011-2020 y PER 2011 - 2020. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo de España

Rendimiento eólica marina basado en 3.300 horas anuales equivalentes de funcionamiento neto según PER 2011 - 2020

Tabla 3. Comparativa Generación eólica PANER 2011 – 2020 y PER 2011 – 2020

Asimismo el PER 2011 – 2020 realiza una estimación de potencia fotovoltaica para el 2020 de 7.250 MW respecto los 8.367 consignados en el PANER y de 4.800 MW de potencia termosolar respecto los 5.079 del PANER.

A pesar de las discrepancias reflejadas existentes entre los datos del propio PANER 2011-2020 y entre los datos del PER 2011 – 2020, en el análisis de este trabajo se utilizará como previsión de crecimiento de la energía renovable los datos consignados en la trayectoria indicativa del PANER 2011-2020 reflejados en la Tabla 2)

5. Modelo de análisis

Dado que se pretenden estimar los incrementos de renta nacional disponible derivados de la reducción de las importaciones, el modelo de análisis que se va a utilizar queda delimitado a la estimación de los ahorros en reducción de combustibles fósiles importados así como los derechos de emisión de CO₂ que no han debido o deberían adquirirse, o que por resultar excedentarios podrían venderse. Todos estos aspectos se consideran beneficios y su cuantificación se considerará como ingresos positivos.

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Los costes quedarán delimitados por las primas pagadas a la generación. Sin embargo es importante resaltar, que si bien éstos se atribuyen únicamente a las primas pagadas a la producción (costes directos), sería necesario computar el incremento de los costes de los pagos por capacidad (costes indirectos) derivados de un menor uso de la potencia disponible (principalmente de origen térmico), como consecuencia de la priorización de las energías renovables dentro del pool eléctrico respecto de las fuentes de energía térmica fósiles.

No se consideran los efectos sobre los precios de la electricidad derivados de la reducción del precio de la electricidad por la presencia elevada de las renovables [Gelabert, Liliana; Linares, Pedro; Labandeira, Xavier (2011)] o la presión al alza sobre los precios de origen térmico al tener que funcionar estas centrales por debajo de su nivel de carga óptimo [Thure Traber, Claudia Kemfert (2009)] así como un menor número de horas al año. Ello es así porque estas alteraciones no suponen a nuestro entender un incremento de la renta nacional disponible sino que suponen un ejercicio de distribución de ingresos entre productores y consumidores.

Tampoco se consideran las inversiones en la red de transporte y distribución necesarias para poder incorporar a la red la energía renovable generada en centros de generación distribuidos y cuyo transporte hasta los consumidores finales necesita de adaptaciones de la red de transporte [EWEA (2010) Powering Europe] [Hammons, T.J. (2008)]. Esta adaptación si bien comporta un incremento de la fiabilidad del suministro, conlleva también un incremento de costes como consecuencia de la energía renovable que en última instancia paga el consumidor a través de las denominadas tarifas de acceso a las redes, que son tarifas reguladas por la Administración.

Finalmente tampoco se estiman otros cobeneficios sociales y económicos ni de carácter fiscal que se derivarían de la creación de un sector industrial como consecuencia del apoyo a las energías renovables así como otras valoraciones derivadas de la reducción del déficit de la balanza por cuenta corriente.

Metodología

La metodología a seguir para calcular los ahorros derivados de la importación de combustibles fósiles así como de derechos de emisión de CO₂, consiste en estimar las necesidades de combustibles de importación para generar la producción renovable existida en cada año en el caso que ésta hubiese sido originada mediante centrales térmicas, así como las emisiones que se derivarían en el proceso. Para ello se evalúan dos escenarios térmicos alternativos diferentes (A y B). En el escenario A se considera que la generación renovable se hubiera realizado alternativamente mediante el pool térmico – fósil existente en cada año (centrales carbón, gas y fuel-oil) para lo cual repartiremos la producción renovable de cada año de acuerdo a la distribución de energía térmica producida en el mismo año. En el escenario B se considera que la producción renovable se hubiese generado en su integridad mediante centrales de ciclo combinado de gas por ser éstas más eficientes y producir menos emisiones. Dado que las centrales de ciclo combinado de gas no estuvieron en funcionamiento hasta el año 2002, con anterioridad a esa fecha y bajo este último escenario de producción, se considera que la energía sería generada en centrales de fuel-oil que pueden igualmente funcionar con gas, aunque a un rendimiento inferior a los ciclos combinados.

La metodología de análisis para estimar los ahorros en combustibles fósiles se resume en la Ilustración 1. Una vez realizada la distribución de las producciones a generar por cada tipología térmica, y teniendo en cuenta la eficiencia de cada tecnología (GWh producción eléctrica / Energía equivalente expresada en GWh para producir la electricidad) se deriva la energía en origen expresada en GWh necesaria para generar los GWh de producción. Finalmente la energía necesaria en origen expresada de acuerdo a las unidades habituales de medición de los combustibles fósiles (barril de petróleo, Tn de carbón, Mbtu de gas) se obtiene a partir de las conversiones de GWh en unidades térmicas para cada tipología de combustible fósil (ver Tabla 14). Adicionalmente y para el caso del carbón de importación (el nacional no se contabiliza al no ser una importación) se calcula el rendimiento térmico del carbón de importación (Toneladas equivalentes de carbón / Toneladas de carbón) para obtener la cantidad de carbón de importación requerida. Finalmente y una vez

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

obtenidos los combustibles fósiles necesarios se multiplican por los precios promedio para cada año pudiéndose derivar de esta manera las importaciones necesarias.

Las emisiones de CO₂ ahorradas pueden calcularse directamente una vez realizada la distribución de la energía renovable equivalente para cada tipología de tecnología térmica y multiplicarlas por los coeficientes de emisión proporcionados por REE para cada tecnología (ver Tabla 16). Una vez obtenidas las emisiones evitadas en Tn, se multiplican por el precio de los derechos de emisión.

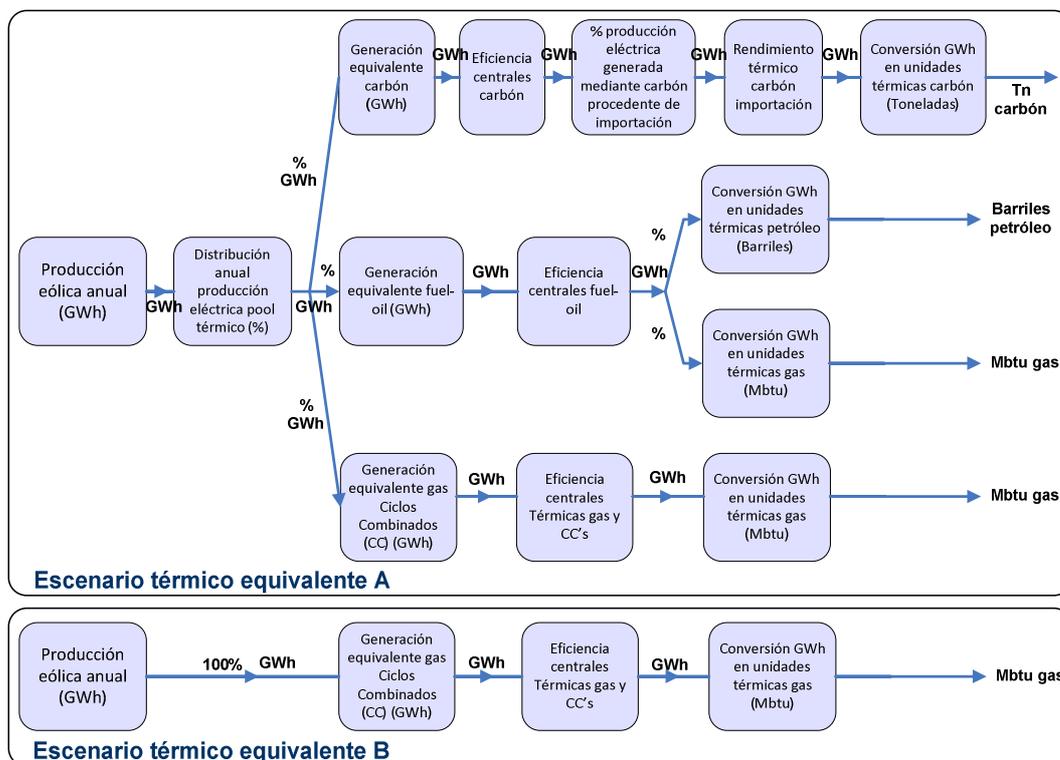


Ilustración 1. Esquema metodología de cálculo unidades térmicas

Marco temporal del análisis

El análisis efectuado se divide en dos periodos de tiempo para realizar la evaluación del análisis económico.

El primer periodo se extiende entre 1998 y 2010 y se realiza con datos reales. Si bien existía ya generación renovable antes de 1998, ésta es reducida y la consideraremos dentro del marco de una fase embrionaria y “experimental”. Asimismo utilizamos como año de inicio del estudio 1998 ya que es en este año cuando se aprueba el “Real Decreto 2818/1998 de 23 de diciembre, sobre

producción de energía eléctrica con fuentes renovables, residuos y cogeneración que adapta el régimen especial de generación eléctrica a la liberalización del sector". Esta legislación, que si bien se aprueba a finales del año 2008, se considera la legislación base desde la que se inicia el desarrollo de las energías renovables no hidráulicas.

El segundo periodo se extiende entre 2011 y 2020 y las previsiones de generación renovable se recogen de la trayectoria indicativa proporcionada a la Comisión Europea en el PANER 2011 – 2020 (Tabla 2).

Para el primer periodo de tiempo se consideran como precio de los combustibles fósiles los proporcionados por la "*BP Statistical Review of World Energy June 2011*". Los precios de los derechos de emisión de CO₂ se han obtenido del [AEE (2010)] para los años 2005-2007 mientras que para el periodo 2008-2010 se han elaborado a partir de los resúmenes diarios de la plataforma de negociación de derechos emisión de CO₂ de Sendeco2.

Para el segundo periodo las estimaciones de los precios de los combustibles fósiles (gas y petróleo) así como de los derechos de emisión de CO₂ se han obtenido de las previsiones recogidas en el Plan de Energías Renovables (PER) 2011 – 2020 del Ministerio de Industria y Energía. En este documento se proporcionan tres marcos básicos de evolución de los precios (Alto, Base y Bajo), por lo cual el estudio se realizará para estos tres contextos.

Escenarios alternativos de evaluación de producción térmica

Bajo el modelo de evaluación se considera que la producción eléctrica suministrada mediante energía renovable se generaría mediante centrales térmicas no nucleares en el caso de no existir ésta. Bajo esta premisa se considerarán dos Escenarios diferentes A y B de producción térmica.

Escenario A

En este escenario la producción es generada mediante el pool térmico fósil existente en España durante cada año (ciclos combinados de gas, centrales de carbón, centrales fuel-oil). Bajo este supuesto se considera que la energía renovable hubiese sido producida de acuerdo a la distribución

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

de generación existida durante cada año. Es decir, si en el año 2005 el 67,56% de la energía térmica fósil fue generada mediante centrales de carbón, el 6,81% mediante centrales de fuel-gas y el 25,63% mediante ciclos combinados, esta es la distribución que hubiera generado la energía eólica (Tabla 4). Esta distribución es variable a lo largo de cada año y se obtiene a partir de los históricos existentes para cada año de producción en el periodo 1998 – 2010.

GENERACIÓN EÓLICA EQUIVALENTE 2005. ESCENARIO A			
Generación eólica (GWh)		20.858	
Generación térmica equivalente (GWh)			
Carbón	67,56%		14.091
<i>Carbón nacional</i>	43,06%	8.981	
<i>Carbón importado</i>	53,43%	11.145	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Carbón</i>
<i>Combustibles de apoyo</i>	3,51%	732	
Fuel	18,69%	3.898	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Petróleo</i>
Gas natural	4,07%	848	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Gas natural</i>
Gas siderúrgico	77,25%	16.112	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Gas natural</i>
Fuel-oil	6,81%		1.420
<i>Fuel oil - Gasoil</i>	51,32%	10.704	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Petróleo</i>
<i>Gas</i>	48,68%	10.154	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Gas natural</i>
Ciclo Combinados	25,63%		5.347 <i>Imputable a importación. Combustible fósil Gas natural</i>

Tabla 4. Generación eólica equivalente 2005. Escenario A

La proporción de carbón que es generada mediante carbón nacional no se considera un coste al no resultar una importación. Gas, carbón de importación y productos petrolíferos se consideran todos ellos de importación siendo por tanto imputables en su totalidad como coste

Las distribuciones resultantes se recogen en la Tabla 5 donde los datos sombreados correspondientes a las centrales de Fuel-oil son estimaciones a partir del año más próximo del que se disponen datos al no disponer de información para los mismos.

Por su parte para el periodo 2011 – 2020 la distribución de producción se realiza considerando los datos de generación térmica previstos en el PANER 2011 – 2020. En este documento solo se proporcionan estimaciones de producción térmica para los años 2015 y 2020 por lo que a partir de la producción existente en el año 2010 se ha procedido a realizar una estimación lineal de la producción térmica correspondiente al período 2011 – 2020 (Tabla 6). La posterior estimación de la distribución individualizada para cada tipología de central, no desglosada en el PANER 2011 – 2020, (Carbón – carbón nacional, importación, combustibles de apoyo, etc) se ha realizado tomando como estimación la última distribución correspondiente al año 2010.

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Generación eólica equivalente producida según distribución producción anual pool Térmica

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
CAPACIDADES (* - I)													
Eólica MW	760	1.493	2.298	3.442	4.927	6.138	8.479	10.055	11.521	14.667	16.148	18.961	20.057
Térmica (Combustibles fósiles)													
Carbón	11.224	11.238	11.542	11.565	11.565	11.565	11.565	11.424	11.424	11.356	11.359	11.359	11.380
Fuel-oil	8.214	8.214	8.214	8.214	7.494	6.930	6.947	6.647	6.647	4.768	4.401	3.008	2.860
Ciclo Combinados	0	0	0	0	2.794	4.394	8.233	12.224	15.504	20.962	21.677	23.066	25.235
DEMANDA b.c. (GWh) (* - I)													
	173.081	184.354	195.005	205.643	211.516	225.850	235.999	247.306	255.022	262.436	265.206	252.201	260.609
GENERACIÓN (GWh) (* - I)													
Eólica	1.237	2.474	4.462	6.600	9.257	11.720	15.753	20.858	22.881	27.249	31.758	37.401	43.355
Térmica (Combustibles fósiles)	65.849	82.240	86.623	80.489	100.550	95.267	113.029	136.291	135.417	142.369	139.939	114.223	88.526
Carbón	60.191	72.315	76.374	68.091	78.768	72.249	76.358	77.393	66.006	71.833	46.275	33.862	22.097
<i>Carbón nacional</i>	36.349	36.906	35.900	34.294	36.030	32.165	32.877	30.981	26.514	27.790	17.949	8.321	2.264
<i>Carbón importado</i>	22.148	33.249	37.341	31.716	40.739	37.388	40.800	44.450	36.774	42.311	26.899	24.105	18.671
<i>Combustibles de apoyo</i>	1.693	2.160	3.133	2.081	1.999	2.696	2.681	1.962	2.718	1.731	1.427	1.436	1.162
Fuel	582	887	1.750	660	639	555	501	447	1.559	393	278	315	225
Gas natural	120	106	154	161	226	146	109	191	104	93	61	226	82
Gas siderúrgico	991	1.167	1.229	1.260	1.134	1.995	2.071	1.324	1.056	1.246	1.083	895	856
Fuel-oil	5.658	9.925	10.249	12.398	16.474	8.027	7.697	10.013	5.905	2.397	2.378	2.082	1.825
<i>Fuel oil - Gasoil</i>						3.950	5.022	2.793	423	291	12		
<i>Gas</i>						3.747	4.991	3.112	1.974	2.087	2.071		
Ciclo Combinados	0	0	0	0	5.308	14.991	28.974	48.885	63.506	68.139	91.286	78.279	64.604
Carbón	91,41%	87,93%	88,17%	84,60%	78,34%	75,84%	67,56%	56,79%	48,74%	50,46%	33,07%	29,65%	24,96%
<i>Carbón nacional</i>	60,39%	51,04%	47,01%	50,36%	45,74%	44,52%	43,06%	40,03%	40,17%	38,69%	38,79%	24,57%	10,25%
<i>Carbón importado</i>	36,80%	45,98%	48,89%	46,58%	51,72%	51,75%	53,43%	57,43%	55,71%	58,90%	58,13%	71,19%	84,50%
<i>Combustibles de apoyo</i>	2,81%	2,99%	4,10%	3,06%	2,54%	3,73%	3,51%	2,54%	4,12%	2,41%	3,08%	4,24%	5,26%
Fuel	34,38%	41,06%	55,86%	31,72%	31,97%	20,59%	18,69%	22,78%	57,36%	22,70%	19,48%	21,94%	19,36%
Gas natural	7,09%	4,91%	4,92%	7,74%	11,31%	5,42%	4,07%	9,73%	3,83%	5,37%	4,27%	15,74%	7,06%
Gas siderúrgico	58,54%	54,03%	39,23%	60,55%	56,73%	74,00%	77,25%	67,48%	38,85%	71,98%	75,89%	62,33%	73,67%
Fuel-oil	8,59%	12,07%	11,83%	15,40%	16,38%	8,43%	6,81%	7,35%	4,36%	1,68%	1,70%	1,82%	2,06%
<i>Fuel oil - Gasoil</i>	51,32%	51,32%	51,32%	51,32%	51,32%	51,32%	51,32%	50,15%	47,30%	17,65%	12,24%	0,58%	0,58%
<i>Gas</i>	48,68%	48,68%	48,68%	48,68%	48,68%	48,68%	48,68%	49,85%	52,70%	82,35%	87,76%	99,47%	99,47%
Ciclo Combinados	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	5,28%	15,74%	25,63%	35,87%	46,90%	47,86%	65,23%	68,53%	72,98%

Tabla 5. Distribución de generación eléctrica según el pool eléctrico. Período 1998 - 2010

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

		PANER 2011 - 2020 - Generación eólica equivalente producida según distribución producción anual pool Térmica										
		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
CAPACIDADES (* - I)												
	Eólica MW	20.057	21.855	23.555	24.986	26.466	27.997	29.778	31.708	33.639	35.819	38.000
GENERACIÓN (GWh) (* - I)												
	Eólica	43.355	43.668	47.312	50.753	53.981	57.086	60.573	64.483	68.652	73.197	78.254
Térmica (Combustibles fósiles)		88.526	103.707	118.888	134.068	149.249	164.430	168.336	172.243	176.149	180.056	183.962
	Carbón	22.097	24.404	26.710	29.017	31.323	33.630	33.604	33.578	33.552	33.526	33.500
	<i>Carbón nacional</i>	2.264										
	<i>Carbón importado</i>	18.671										
	<i>Combustibles de apoyo</i>	1.162										
	Fuel	225										
	Gas natural	82										
	Gas siderúrgico	856										
	Fuel-oil	1.825	3.336	4.847	6.359	7.870	9.381	9.249	9.117	8.985	8.853	8.721
	<i>Fuel oil - Gasoil</i>											
	<i>Gas</i>											
	Ciclo Combinados	64.604	75.967	87.330	98.693	110.056	121.419	125.483	129.548	133.612	137.677	141.741
	Carbón	24,96%	23,53%	22,47%	21,64%	20,99%	20,45%	19,96%	19,49%	19,05%	18,62%	18,21%
	<i>Carbón nacional</i>	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%	10,25%
	<i>Carbón importado</i>	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%	84,50%
	<i>Combustibles de apoyo</i>	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%	5,26%
	Fuel	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%	19,36%
	Gas natural	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%	7,06%
	Gas siderúrgico	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%	73,67%
	Fuel-oil	2,06%	3,22%	4,08%	4,74%	5,27%	5,71%	5,49%	5,29%	5,10%	4,92%	4,74%
	<i>Fuel oil - Gasoil</i>	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%	0,58%
	<i>Gas</i>	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%	99,47%
	Ciclo Combinados	72,98%	73,25%	73,46%	73,61%	73,74%	73,84%	74,54%	75,21%	75,85%	76,46%	77,05%

Tabla 6. Estimación generación térmica período 2011 - 2020

Escenario B

Bajo este escenario se considera que la producción eléctrica renovable sería generada alternativamente en su totalidad por ciclos combinados (antes de 2002 mediante centrales de fuel-oil utilizando gas) que son los que presentan mayor rendimiento, de modo que el 100% de la producción eólica hubiese sido generada mediante la combustión de gas (Tabla 7).

GENERACIÓN EÓLICA EQUIVALENTE 2005. ESCENARIO B			
Generación eólica (GWh)		20.858	
Generación térmica equivalente (GWh)			
Ciclo Combinados	100,00%	20.858	<i>Imputable a importación. Combustible fósil Gas natural</i>

Tabla 7. Generación eólica equivalente 2005. Escenario B

Eficiencia centrales térmicas

La eficiencia de las centrales térmicas utilizada se ha obtenido por dos fuentes diferentes. Para las centrales de carbón, Fuel-oil y térmicas de gas (no ciclo combinado) se utilizan los valores de referencia de la Comisión Europea contenidos en el “*Energy Sources, Production Costs and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport*” [CEC (2008)] y que son del 35% para las centrales de carbón y del 45% para las de fuel-oil.

Para las centrales de Ciclo Combinado es posible estimar los rendimientos para el período 1998 – 2010 a partir de los informes anuales de Enagas “*Informe del Sector gasista*” que nos proporcionan los GWh consumidos de gas por las centrales de ciclo combinado y a partir de los informes de REE “El sistema eléctrico español” que nos proporcionan los GWh producidos por los ciclos combinados. Esto nos permite obtener rendimientos diferenciados por años para el período 1998 – 2010. (Tabla 8) (GWh electricidad generados / GWh gas suministrados)

Por su parte la eficiencia de los ciclos combinados para el período PANER 2011 – 2020 se ha realizado considerando una estimación de eficiencia creciente derivada de las mejoras técnicas de los nuevos ciclos combinados, cuyo diseño actual en algunos casos se realiza contemplando las características que su acoplamiento con la energía renovable impone sobre su rendimiento. (Tabla 9).

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

EFICIENCIA CENTRALES TÉRMICAS 1998 - 2010													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
GENERACIÓN (GWh) (*- I)													
Ciclo Combinados	0	0	0	0	5.308	14.991	28.974	48.885	63.506	68.139	91.286	78.279	64.604
GAS DESTINADO A GENERACIÓN ELÉCTRICA (GWh) (* - III)													
Gas destinado a CTCC					11.227	31.108	58.733	98.729	128.560	139.541	184.605	158.802	134.500
Gas Natural CT			10.369	11.866	16.115	8.922	7.937	12.441	6.098	2.517	2.863	1.992	1.117
Gas destinado a CTCC + CT			10.369	11.866	27.342	40.030	66.670	111.170	134.658	142.058	187.468	160.794	135.617
EFICIENCIA CENTRALES TÉRMICAS (*- IV)													
Carbón	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%
Fuel-oil	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%
Gas Natural CTCC (Generación CC/Gas destinado a CTCC)					47,28%	48,19%	49,33%	49,51%	49,40%	48,83%	49,45%	49,29%	48,03%
Gas Natural CT	40,00%	40,00%	40,00%	40,00%									

Tabla 8. Eficiencia centrales térmicas periodo 1998 - 2010

EFICIENCIA CENTRALES TÉRMICAS . PANER 2011 - 2020										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
GENERACIÓN (GWh) (*- I)										
Ciclo Combinados	75.967	87.330	98.693	110.056	121.419	125.483	129.548	133.612	137.677	141.741
GAS DESTINADO A GENERACIÓN ELÉCTRICA (GWh) (* - III)										
Gas destinado a CTCC										
Gas Natural CT										
Gas destinado a CTCC + CT										
EFICIENCIA CENTRALES TÉRMICAS (*- IV)										
Carbón	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%	35,00%
Fuel-oil	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%	45,00%
Gas Natural CTCC (Generación CC/Gas destinado a CTCC)	49,00%	49,00%	50,00%	51,00%	51,00%	51,00%	51,00%	51,00%	51,00%	51,00%

Tabla 9. Eficiencia centrales térmicas periodo PANER 2011 – 2020

Rendimiento del carbón de importación

Para estimar el carbón necesario de importación para la generación eléctrica equivalente que resulte de aplicación a estas centrales bajo el escenario A y dadas las diferentes capacidades caloríficas de cada tipología de carbón, es necesario, junto al rendimiento de las centrales de carbón, estimar el rendimiento térmico de cada tipología de carbón.

Hemos realizado dicha estimación a partir de los datos de los informes anuales del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, “El libro de la Energía en España” (Tabla 10)

CARBÓN IMPORTACIÓN DESTINADO A GENERACIÓN ELÉCTRICA (GWh) (* - II)													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Miles Toneladas			21.786	19.060	24.635	21.772	24.646	18.907	17.296	19.217	12.156	11.199	
Miles Tec (Toneladas equivalentes de carbón)			18.887	16.556	21.099	18.901	20.499	15.673	12.947	14.845	9.794	8.941	
Ratio	0,867	0,867	0,867	0,869	0,856	0,868	0,832	0,829	0,749	0,772	0,806	0,798	0,798

Tabla 10. Rendimiento térmico del carbón de importación. Período 1998 – 2010

Para el período PANER 2011 – 2020 el rendimiento del carbón de importación se calcula como promedio de los rendimientos del 2005 al 2010, siendo el valor utilizado de 0,792.

Precios materias primas y derechos de emisión CO₂

Se considerarán únicamente costes de derechos de emisión desde el año 2005 dado que el Régimen Comunitario de Comercio de Derechos de Emisión (RCCDE) se inauguró el 1 de enero de 2005 instaurando un primer período de comercio que duró tres años, hasta finales de 2007. Este periodo constituyó una etapa de “aprendizaje práctico”, como preparación para el segundo período de comercio que se inició el 1 de enero de 2008 y cuya vigencia es de cinco años hasta finales de 2012 (Tabla 11).

PRECIO MATERIAS PRIMAS													
	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Precio carbón (US \$ x tonelada) (* - V)	\$ 32,00	\$ 28,79	\$ 35,99	\$ 39,03	\$ 31,65	\$ 43,60	\$ 72,08	\$ 60,54	\$ 64,11	\$ 88,79	\$ 147,67	\$ 70,66	\$ 92,50
Precio petróleo Brent (* - V)	\$ 12,72	\$ 17,97	\$ 28,50	\$ 24,44	\$ 25,02	\$ 28,83	\$ 38,27	\$ 54,52	\$ 65,14	\$ 72,39	\$ 97,26	\$ 61,67	\$ 79,50
Precio gas natural (US \$ x Mbtu) (* - VI)	\$ 2,32	\$ 1,88	\$ 2,89	\$ 3,66	\$ 3,23	\$ 4,06	\$ 4,32	\$ 5,88	\$ 7,85	\$ 8,03	\$ 11,56	\$ 8,52	\$ 8,01
Precio derechos emisión CO ₂ (€) (* - VII)								\$ 17,50	\$ 11,00	\$ 21,50	\$ 22,02	\$ 13,06	\$ 14,32

Tabla 11. Precios materias y derechos de emisión CO₂. Período 1998 – 2010

Para el período PANER 2011 – 2020 los precios se hayan expresados en base 2010 a partir de dicho año. Los datos para el petróleo, gas y derechos de emisión de CO₂ se han obtenido del PER 2011 – 2020 a excepción

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

de los precios del carbón del que no se disponen estimaciones para lo cual hemos construido una estimación propia a partir del ratio de crecimiento de la estimación del precio del petróleo (Tabla 12).

ESTIMACIÓN PRECIOS CARBÓN (Base 2010)											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Escenarios	Alto	\$ 92,50	\$ 92,50	\$ 98,05	\$ 103,60	\$ 109,15	\$ 112,64	\$ 116,14	\$ 119,63	\$ 123,12	\$ 126,61
	Base	\$ 92,50	\$ 92,50	\$ 98,05	\$ 103,60	\$ 109,15	\$ 112,64	\$ 116,14	\$ 119,63	\$ 123,12	\$ 126,61
	Bajo	\$ 92,50	\$ 92,50	\$ 98,05	\$ 103,60	\$ 109,15	\$ 112,64	\$ 116,14	\$ 119,63	\$ 123,12	\$ 126,61
ESTIMACIÓN PRECIOS BARRIL PETRÓLEO (Base 2010). PER 2011 - 2020											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Escenarios	Alto	\$ 110,00	\$ 115,00	\$ 122,00	\$ 129,00	\$ 136,00	\$ 140,40	\$ 144,80	\$ 149,20	\$ 153,60	\$ 158,00
	Base	\$ 107,00	\$ 105,00	\$ 101,67	\$ 98,33	\$ 95,00	\$ 99,40	\$ 103,80	\$ 108,20	\$ 112,60	\$ 117,00
	Bajo	\$ 100,00	\$ 94,00	\$ 87,67	\$ 81,33	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00	\$ 75,00
ESTIMACIÓN PRECIOS GAS (€ / MWh) (Base 2010). PER 2011 - 2020											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Escenarios	Alto	25,00 €	27,00 €	28,67 €	30,33 €	32,00 €	33,20 €	34,40 €	35,60 €	36,80 €	38,00 €
	Base	24,00 €	26,00 €	25,33 €	24,67 €	24,00 €	24,60 €	25,20 €	25,80 €	26,40 €	27,00 €
	Bajo	23,00 €	24,00 €	22,67 €	21,33 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €	20,00 €
ESTIMACIÓN PRECIOS DERECHOS DE EMISION CO ₂ (Base 2010). PER 2011 - 2020											
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
Escenarios	Alto	15,00 €	16,00 €	17,88 €	19,75 €	21,63 €	23,50 €	25,38 €	27,25 €	29,13 €	31,00 €
	Base	14,00 €	15,00 €	16,25 €	17,50 €	18,75 €	20,00 €	21,25 €	22,50 €	23,75 €	25,00 €
	Bajo	14,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €	15,00 €

Tabla 12. Estimación evolución precio combustibles fósiles y derechos CO₂ (en € constantes de 2010 y tasa de cambio de 1,28 \$/€ en 2020). PER 2011 - 2020

Primas a la producción renovable

Se considera una reducción de la prima eólica por MWh del 35% a partir del año 2013 y del 30% para la termosolar y la fotovoltaica a partir del año 2015 gracias a las mejoras técnicas y la reducción de costes de generación.

ESTIMACIÓN PRIMAS EÓLICA (Base 2010).										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Potencia Instalada (MW)	21.855	23.555	24.986	26.466	27.997	29.778	31.708	33.639	35.819	38.000
Generación Eólica (GW/h)	43.668	47.312	50.753	53.981	57.086	60.573	64.483	68.652	73.197	78.254
Primas eólica (Millones)	1.886	2.044	2.140	2.283	2.419	2.564	2.726	2.902	3.093	3.304
Prima x MWh	43	43	42	42	42	42	42	42	42	42
ESTIMACIÓN PRIMAS FOTOVOLTAICA (Base 2010)										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Potencia Instalada (MW)	4.498	4.921	5.222	5.553	5.918	6.319	6.760	7.246	7.780	8.367
Generación Fotovoltaica (GW/h)	7.324	8.090	8.709	9.256	9.872	10.565	11.345	12.222	13.208	14.316
Primas fotovoltaica (Millones)	3.033,57	3.350,84	3.607,23	3.833,79	4.012,40	4.289,87	4.602,13	4.953,32	5.348,18	5.791,95
Prima x MWh	414,20	414,20	414,20	414,20	406,44	406,05	405,65	405,28	404,92	404,58
ESTIMACIÓN PRIMAS TERMOSOLAR (Base 2010)										
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Potencia Instalada (MW)	1.379	2.028	2.471	2.746	3.048	3.381	3.747	4.149	4.592	5.079
Generación Termosolar (GW/h)	2.621	4.463	5.861	6.867	7.913	9.084	10.397	11.866	13.511	15.353
Primas termosolar (Millones)	667,12	1.135,96	1.491,79	1.747,84	1.934,21	2.222,71	2.546,07	2.908,06	3.313,32	3.767,11
Prima x MWh	254,53	254,53	254,53	254,53	244,43	244,68	244,88	245,07	245,23	245,37

Tabla 13. Estimación evolución primas renovables (en € constantes de 2010)

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Unidades de conversión

Las unidades de conversión utilizadas para las conversiones energéticas son:

UNIDADES DE CONVERSIÓN									
	Termias	Kj	Kwh	btu	Mwh	tep	Mbtu	tec	1 Crude oil barrel
1 Kwh	0,86	3.600,00		3.412,15					
1 btu		1,06	0,00						
1 Gwh			1.000.000		1.000,00	85,98	3.412,15	122,84	
1 tep			11.630	39.683.207,29	11,63		39,68		7,33
1 Crude oil barrel						0,14			

Tabla 14. Unidades de Conversión

	ESTIMACION TIPOS DE CAMBIO (€/€)									
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tipos de cambio (€/€)	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75

Tabla 15. Estimación tipos de cambio 2011 – 2020

Factores de emisión (tn CO ₂ /MWh)	
CTC Carbón	0,95
CT Fuel + Gas	0,70
CTCC Gas Natural	0,37

Fuente: REE

Tabla 16. Factores de emisión (Tn CO₂ / MWh)

Fuentes utilizadas

Las fuentes bibliográficas para los datos utilizados en los datos que se presentan son:

- (* - I) REE (Red Eléctrica Española) --> "Informes sistema eléctrico español"
- (* - II) El libro de la Energía en España. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio
- (* - III) Enagas --> "Informe del sistema gasista español"
- (* - IV) CEC (Commission of the European Communities) (2008). "Energy Sources, Production Costs, and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport"
- (* - V) "BP Statistical Review of World Energy June 2011" --> McCloskey Coal Information Service. Prices for 1990-2000 are the average of the monthly marker, 2001-2010 the average of weekly prices.
- (* - VI) "BP Statistical Review of World Energy June 2011" --> Heren Energy Ltd.
- (* - VII) (2005-2007) Deloitte. (2008-2010) Elaboración propia. Origen Datos: Sendeco2
- (* - VIII) CNE --> "Información estadística sobre las ventas de energía del régimen especial"
- (* - IX) OMEL --> "Informe anual"

6. Resultados

En la Tabla 17 se muestra el resumen de la estimación de los resultados económicos, mientras que el desglose de los mismos puede verse en el Anexo 1. Todos los resultados se expresan en euros del 2010.

Para el escenario térmico de referencia alternativo compuesto por el pool de eléctrico existente (A) los resultados para el período 1998 – 2010 arrojan un saldo negativo de 683,63 millones de euros para la energía eólica, de 5.847,37 para la fotovoltaica y de 152,29 millones para la termosolar (Tabla A 1). El resultado de la energía eólica está condicionado por el hecho que los derechos de emisión que computan como ingresos, sólo lo hacen a partir del año 2005, motivo por el cual hasta dicho año todos los saldos anuales son negativos. A partir del mismo y al contabilizarse los derechos de emisión como ingreso, los saldos anuales son positivos a excepción del año 2009, donde la brusca caída del precio de los combustibles fósiles y de los derechos de emisión por la recesión económica proporcionan un ligero saldo negativo. En el año 2010 éste pasa a ser positivo debido al incremento del precio de los derechos de emisión y al repunte del precio de los combustibles fósiles (carbón y petróleo) a excepción del gas que continua disminuyendo su precio (Tabla 11). Los saldos de las energías fotovoltaicas y termosolar proporcionan en todos los casos resultados negativos debido a la baja producción y a la altísima prima que reciben que en el caso de la fotovoltaica es del orden de 9,6 veces superior a la eólica mientras que en el caso de la termosolar del orden de 5,9 veces.

Para el periodo PANER 2011 – 2020 y bajo el mismo escenario térmico de referencia (A), los resultados se han diferenciado en función de tres marcos de precios para las materias primas (Alto, Base y Bajo). Para la energía eólica, los saldos para los tres marcos de precios arrojan un balance positivo de 17.411 millones de euros (Alto), 9.119 millones (Base) y 3.165 millones (Bajo) (Tabla A 2, Tabla A 3 y Tabla A 4). Para la energía fotovoltaica el balance es negativo y asciende para cada uno de los escenarios a 35.295 millones (Alto), 36.765 millones (Base) y 37.822 millones (Bajo). Para la energía termosolar el balance es igualmente negativo por importes de 15.229 millones (Alto), 16.593 millones (Base) y 17.575 millones (Bajo). Como es de esperar los beneficios obtenidos vienen condicionados netamente por el escenario de precios de los combustibles fósiles y derechos de emisión.

Para el escenario térmico de referencia alternativo compuesto únicamente por centrales de gas (ciclos combinados a partir del 2002) (B) los resultados para el período 1998 – 2010 arrojan un saldo positivo de 828,

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂,
derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica,
fotovoltaica y termosolar en España

18 millones de euros (Tabla A 5). Este resultado contrasta con el obtenido en el Escenario térmico A donde el resultado arrojaba un saldo negativo. El motivo de ello es que en el escenario A gran parte de la producción térmica alternativa se realizaba con centrales de carbón que usaban hasta el año 2007 - 2008 en gran medida combustible nacional y por tanto al no ser de importación, no se contabilizaban como beneficios. Los saldos de las energías fotovoltaicas y termosolar proporcionan en todos los casos resultados negativos por valor de 5.797 y 152 millones respectivamente, debido a la baja producción y a la altísima prima percibida.

Para el periodo PANER 2011 – 2020 y bajo el mismo escenario térmico de referencia (B), los resultados para la energía eólica y para todos los marcos de precios Alto, Base y Bajo arrojan un balance positivo de 18.595, 9.105 y 2.643 millones de € (Tabla A 6, Tabla A 7 y Tabla A 8). Por el contrario para la energía fotovoltaica el saldo es negativo por valor de 35.088 (Alto), 36.770 (Base) y 37.917 (Bajo) millones de €. Igualmente para la termosolar el balance es negativo por importes 15.063 (Alto), 16.622 (Base) y 17.681 (Bajo) millones de €.

Los ahorros físicos en combustibles fósiles y emisiones de CO₂ quedan desglosados en la Tabla A 9 y Tabla A 10.

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

ANÁLISIS ECONÓMICO

Escenarios alternativos de evaluación de producción térmica				PERIODO 1998 - 2010	PERIODO PANER 2011 - 2020		
					Alto	Base	Bajo
Escenario	A: Escenario térmico compuesto por pool eléctrico existente (gas, carbón, fuel-oil)	Eólica	Ahorros combustibles fósiles	7.597	35.698	28.467	24.035
			Ahorros derechos de emisión CO ₂	1.892	7.073	6.011	4.490
			Primas	10.172	25.360	25.360	25.360
			Saldo	-684	17.411	9.119	3.165
		Fotovoltaica	Ahorros combustibles fósiles	612	6.281	4.999	4.214
			Ahorros derechos de emisión CO ₂	133	1.247	1.059	788
			Primas	6.592	42.823	42.823	42.823
			Saldo	-5.847	-35.295	-36.765	-37.822
		Termosolar	Ahorros combustibles fósiles	27	5.410	4.221	3.500
			Ahorros derechos de emisión CO ₂	5	1.095	921	660
			Primas	185	21.734	21.734	21.734
			Saldo	-152	-15.229	-16.593	-17.575
	TOTAL	Ahorros combustibles fósiles	8.236	47.390	37.687	31.748	
		Ahorros derechos de emisión CO ₂	2.030	9.415	7.991	5.937	
		Primas	16.949	89.917	89.917	89.917	
		Saldo	-6.683	-33.112	-44.239	-52.232	
	B: Escenario térmico compuesto en su totalidad por centrales de gas	Eólica	Ahorros combustibles fósiles	9.842	38.734	30.031	24.700
			Ahorros derechos de emisión CO ₂	1.158	5.220	4.433	3.303
			Primas	10.172	25.360	25.360	25.360
			Saldo	828	18.595	9.105	2.643
Fotovoltaica		Ahorros combustibles fósiles	706	6.815	5.272	4.327	
		Ahorros derechos de emisión CO ₂	90	921	781	580	
		Primas	6.592	42.823	42.823	42.823	
		Saldo	-5.797	-35.088	-36.770	-37.917	
Termosolar		Ahorros combustibles fósiles	30	5.860	4.431	3.566	
		Ahorros derechos de emisión CO ₂	4	811	681	487	
		Primas	185	21.734	21.734	21.734	
		Saldo	-152	-15.063	-16.622	-17.681	
TOTAL		Ahorros combustibles fósiles	10.577	51.409	39.733	32.593	
		Ahorros derechos de emisión CO ₂	1.252	6.952	5.896	4.369	
		Primas	16.949	89.917	89.917	89.917	
		Saldo	-5.120	-31.556	-44.288	-52.955	

Los resultados se expresan en base 2010 y millones de €

Tabla 17. Resumen resultados económicos

7. Conclusiones

El estudio realizado permite analizar el resultado de la política pública de subvención a la energía eólica en el período 1998 – 2010 en referencia a los beneficios derivados del ahorro de la importación de combustibles fósiles y derechos de emisión respecto los costes de las primas pagadas a la producción de la energía renovable. No se han contabilizado otros beneficios indirectos como las exportaciones que suponen un incremento de renta nacional ni otros costes como el incremento de los pagos por capacidad a la inversión a medio y largo plazo como consecuencia de la disminución del uso de la potencia alternativa disponible que resulta necesario disponer en la red para los periodos de tiempo en los que no existe el recurso renovable (normalmente térmica mediante combustibles fósiles). La estimación del incremento de los costes de los pagos por capacidad no ha sido hasta nuestro mejor conocimiento realizada hasta el momento por ningún estudio.

El análisis se ha desarrollado respecto dos escenarios alternativos de producción eléctrica de origen térmico: uno primero denominado “A” compuesto por el pool eléctrico existente cada año en España (carbón, fuel-oil y gas) y otro denominado “B” en el que toda la producción eléctrica hubiese sido generada mediante centrales de ciclo combinado de gas.

En relación a los ahorros derivados de la reducción de los certificados de derechos de emisión de CO₂ así como de la menor necesidad de importación de combustibles fósiles, este estudio y en comparación con el efectuado para la energía eólica por la [AEE(2010)] que analiza dicho impacto únicamente entre los años 2005 – 2009, extiende su periodo de análisis entre los años 1998 – 2010, y realiza una estimación anualizada del saldo que es previsible obtener para el periodo 2011 – 2020, de acuerdo a las previsiones contempladas en el PANER 2011 – 2020. Ambas cuestiones, así como el análisis derivado de una producción alternativa que hubiese sido generada únicamente mediante centrales de gas, no han sido según nuestro conocimiento, realizadas hasta el momento por ningún otro estudio.

El resumen de los resultados económicos estimados para cada periodo y cada escenario térmico evaluado, reflejado en el cuadro comparativo de la Tabla 17 arroja un resultado diferente con el estudio realizado por la Asociación Empresarial Eólica [AEE (2010)] para la energía eólica que proporciona un saldo positivo para el escenario térmico de referencia A, debido a que el horizonte temporal utilizado para los datos

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

proporcionados en dicho trabajo se limita al 2005 al 2009. Si se comparan los resultados entre ambos estudios para el mismo periodo (Tabla 18), puede observarse que la diferencia entre ambos resultados es mínima y cabe atribuirlos a la diferencia de precios utilizados para la valoración de los derechos de emisión y de los combustibles fósiles, especialmente en el precio del gas natural, ya que el utilizado en este trabajo es al menos para el año 2009 ligeramente superior al de [AEE (2010)] (6,11 € vs 5,50 € MMbtu).

PERIODO 2005 - 2009		
	Estudio AEE 2010	Estudio realizado 2005 - 2009
Ahorro combustibles fósiles (Millones base 2010)	4.801 €	4.897 €
Ahorro derechos emisión CO ₂ (Millones base 2010)	1.518 €	1.540 €
TOTAL	6.319 €	6.438 €

Tabla 18. Comparativa estudio AEE (2010)

Los resultados obtenidos para el período 1998 – 2010 arrojan un resultado negativo para la energía eólica para el escenario térmico A, debido a la menor necesidad de combustibles fósiles de importación en el periodo referido ya que la producción térmica mediante carbón utiliza, y muy especialmente hasta el año 2008, carbón nacional que no se considera un coste al no ser una importación (Tabla 5). Por el contrario en el escenario térmico B el saldo para la energía eólica es positivo dado que el gas se considera en su totalidad de importación. Es importante igualmente destacar, que los ahorros en derechos de emisión no computan hasta el año 2005, fecha en la que se inicia la asignación y comercio de los mismos, el ahorro de los cuales en nuestro modelo sirve de ingreso, y por tanto de haber existido con anterioridad a dicha fecha, el saldo hubiese sido más favorable para el periodo 1998 – 2010.

La estimación realizada para el periodo PANER 2011 – 2020 arroja para la energía eólica un saldo positivo para todos los marcos de precios considerados (Alto, Base, Bajo), tanto ante el supuesto de generación térmica mediante el pool térmico previsto como ante el supuesto que toda la generación eólica hubiese sido realizada mediante centrales de ciclo combinado. Los resultados son positivos para todos los marcos de precios contemplados dados los precios de los combustibles fósiles previstos así como a la existencia durante la totalidad del periodo de derechos de emisión de CO₂, cuestión ésta que únicamente sucedía desde 2005 en el periodo 1998 – 2010. Los resultados son similares ante ambos escenarios térmicos (A y B) dado que durante dicho periodo el pool térmico estará compuesto en su mayor parte por centrales de ciclo combinado (ver Tabla 6). Sin embargo y a pesar de dichos resultados, es necesario resaltar y advertir que ante el escenario

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

de precios de materias primas bajo, los resultados podrían ser negativos si el coste de las primas a la eólica por MWh se incrementase, cuestión ésta que no parece vaya a producirse. Una reducción del coste de la electricidad motivada por un bajo coste de los combustibles fósiles o por una mejora de la eficiencia de la producción térmica por mejoras tecnológicas, podría dar lugar a un incremento de los pagos de primas a las renovables al tener estas cuestiones un impacto en el precio final de la electricidad y por tanto en las remuneraciones variables de las primas. Todas estas cuestiones sería deseable contemplarlas dentro de un análisis de sensibilidad.

El análisis de las energías solares (fotovoltaicas y termosolar), arroja resultados clara y altamente negativos, por lo que prescindiendo de las consideraciones derivadas del desarrollo de una industria propia, cabría considerar si la política de promoción de las mismas seguida y justificada en términos de desarrollo industrial y de generación de I+D no resulta excesiva, de modo que los recursos asignados en primas no pudieran sino asignarse a otras áreas de desarrollo industrial así como de I+D. En este sentido cabe destacar el hecho que Noruega ha desarrollado una potente industria fotovoltaica con políticas orientadas a la I+D pero no a la promoción de la generación [Lund P.D. (2009)]. Los resultados del estudio [Protermosolar - Deloitte (2011)] difieren ligeramente en sus estimaciones de reducción de emisiones de CO₂, resaltando que este estudio recoge la producción y capacidad reflejada en el PER 2011 – 2020 y no en el PANER 2011 – 2020 (Tabla 19).

Reducción emisiones Tn CO ₂ termoeléctrica			
	2010	2015	2020
Estudio Protermosolar	361.362	3.100.000	5.300.000
Estudio realizado	360.681	4.015.463	7.542.373

Tabla 19. Comparación reducción emisiones estudio Protermosolar - Deloitte (2011)

En el análisis efectuado bajo el escenario de producción mediante el pool térmico existente (Escenario térmico A), una adecuada valoración de los costes debería incluir las ayudas recibidas por el sector del carbón nacional. En la actualidad, y a partir del Real Decreto 134/2010, dichas ayudas se concretan en el mecanismo de resolución de restricciones por garantía de suministro en virtud del cual en determinadas circunstancias se podrá retirar la producción de determinadas centrales y su sustitución por otras centrales que utilizan carbón autóctono como combustible, lo cual comportaría un encarecimiento de los pagos por capacidad para compensar a los ciclos combinados de gas que no deben producir para preservar la producción de centrales

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

que consuman carbón autóctono, así como un encarecimiento del precio de la electricidad al verse desplazadas otras tecnologías más eficientes

Sería deseable evaluar para el futuro el impacto que un crecimiento masivo de la energía renovable tendría sobre los pagos por capacidad. Esta cuestión resulta relevante dado el importante incremento de potencia renovable y térmica que se prevé instalar en el horizonte 2020 (PANER 2011-2020) así como en el horizonte 2030 y 2050, lo que podría comportar una reducción del uso de la capacidad térmica existente de no haber una demanda que permita incrementar el consumo de electricidad (coche eléctrico, transporte por ferrocarril durante las horas valle de la noche...), lo que redundaría en un previsible notable incremento de los pagos por capacidad.

Otros beneficios no contemplados en este trabajo y deseables para realizar un análisis Coste Beneficio Integral de la política de fomento y subvención de la energía renovable deberían incluir las transferencias de excedentes de energía a otros estados de la UE que no cumplan con los objetivos de la Directiva 2009/28/CE; los cobeneficios derivados del impacto socioeconómico por la generación de industria propia, tanto en la producción destinada a uso nacional como a las exportaciones así como otros beneficios de carácter fiscal.

Igualmente sería deseable cuantificar las externalidades positivas por la reducción del precio de las emisiones que paga el resto de la industria, derivadas del hecho que el incremento de la producción de energía renovable junto con las medidas de eficiencia energética, favorecerían una disminución del precio de las emisiones. Este aspecto si bien disminuiría la rentabilidad obtenida de la energía eólica por la metodología efectuada al reducir el coste de los derechos de emisión ahorrados, podría verse incrementado realizando un análisis global que incluyese los beneficios de aquellas industrias que han de pagar menos por los derechos de emisión.

Tampoco se han contabilizado otros costes derivados de la necesidad de modernizar la red de distribución eléctrica para poder acomodar la producción eólica así como costes sociales derivados del impacto paisajístico y medioambiental.

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

8. Anexo 1

Escenario de referencia térmico A

		Generación equivalente Total renovables producida según distribución producción anual pool Térmica: Escenario Térmico A												
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BENEFICIOS (Millones €)	9.809,12 €	7,14 €	17,96 €	55,33 €	88,40 €	118,58 €	162,25 €	287,96 €	739,66 €	879,95 €	1.229,91 €	1.997,73 €	1.849,56 €	2.374,69 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		7,14 €	17,96 €	55,33 €	88,40 €	118,58 €	162,25 €	287,96 €	475,01 €	711,27 €	831,31 €	1.569,10 €	1.538,36 €	1.998,00 €
Eólica	7.228,71 €	7,14 €	17,95 €	55,31 €	88,38 €	118,52 €	162,12 €	287,62 €	474,08 €	707,97 €	816,42 €	1.452,53 €	1.323,13 €	1.717,55 €
Carbón	1.604,45 €	4,81 €	10,93 €	30,33 €	45,80 €	51,48 €	71,69 €	139,08 €	140,07 €	148,74 €	238,32 €	267,01 €	175,96 €	280,22 €
Oil (Brent)	284,34 €	1,09 €	4,42 €	16,71 €	22,60 €	31,68 €	21,23 €	27,60 €	52,55 €	58,90 €	13,14 €	13,63 €	8,47 €	12,32 €
Gas	5.339,92 €	1,23 €	2,60 €	8,27 €	19,98 €	35,36 €	69,20 €	120,95 €	281,46 €	500,32 €	564,96 €	1.171,89 €	1.138,70 €	1.425,00 €
Fotovoltaica	604,56 €	0,01 €	0,01 €	0,02 €	0,02 €	0,06 €	0,13 €	0,34 €	0,93 €	3,30 €	14,88 €	116,57 €	215,24 €	253,06 €
Carbón	96,93 €	0,00 €	0,01 €	0,01 €	0,01 €	0,03 €	0,06 €	0,16 €	0,28 €	0,69 €	4,34 €	21,43 €	28,62 €	41,29 €
Oil (Brent)	4,98 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,01 €	0,02 €	0,02 €	0,03 €	0,03 €	0,27 €	1,09 €	1,09 €	1,38 €	1,82 €
Gas	502,65 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,01 €	0,02 €	0,06 €	0,14 €	0,55 €	2,33 €	10,30 €	94,05 €	185,23 €	209,95 €
Termosolar	27,40 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	27,40 €
Carbón	4,47 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	4,47 €
Oil (Brent)	0,20 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	0,20 €
Gas	22,73 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	22,73 €
TOTAL	7.860,67 €	7,14 €	17,96 €	55,33 €	88,40 €	118,58 €	162,25 €	287,96 €	475,01 €	711,27 €	831,31 €	1.569,10 €	1.538,36 €	1.998,00 €
Carbón	1.705,85 €	4,82 €	10,93 €	30,34 €	45,81 €	51,51 €	71,75 €	139,24 €	140,35 €	149,44 €	242,66 €	288,44 €	204,59 €	325,98 €
Oil (Brent)	289,52 €	1,09 €	4,43 €	16,71 €	22,61 €	31,69 €	21,25 €	27,63 €	52,65 €	59,18 €	13,38 €	14,72 €	9,84 €	14,33 €
Gas	5.865,29 €	1,24 €	2,60 €	8,27 €	19,98 €	35,37 €	69,25 €	121,09 €	282,02 €	502,65 €	575,26 €	1.265,94 €	1.323,93 €	1.657,69 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS									264,64 €	168,69 €	398,60 €	428,63 €	311,19 €	376,69 €
Eólica	1.811,76 €								264,12 €	167,90 €	391,47 €	396,79 €	267,65 €	323,82 €
Carbón	1.098,74 €								196,91 €	116,55 €	280,82 €	219,69 €	137,57 €	147,22 €
Oil (Brent)	56,87 €								18,77 €	7,68 €	6,90 €	8,32 €	6,23 €	8,96 €
Gas	656,14 €								48,44 €	43,67 €	103,75 €	168,79 €	123,86 €	167,64 €
Fotovoltaica	131,53 €								0,52 €	0,78 €	7,14 €	31,84 €	43,54 €	47,71 €
Carbón	67,75 €								0,39 €	0,54 €	5,12 €	17,63 €	22,38 €	21,69 €
Oil (Brent)	3,20 €								0,04 €	0,04 €	0,13 €	0,67 €	1,01 €	1,32 €
Gas	60,58 €								0,10 €	0,20 €	1,89 €	13,55 €	20,15 €	24,70 €
Termosolar	5,16 €								0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	5,16 €
Carbón	2,35 €								- €	- €	- €	- €	- €	2,35 €
Oil (Brent)	0,14 €								- €	- €	- €	- €	- €	0,14 €
Gas	2,67 €								- €	- €	- €	- €	- €	2,67 €
TOTAL	1.948,45 €								264,64 €	168,69 €	398,60 €	428,63 €	311,19 €	376,69 €
Carbón	1.168,84 €								197,30 €	117,09 €	285,94 €	237,32 €	159,94 €	171,26 €
Fuel-oil	60,21 €								18,81 €	7,72 €	7,03 €	8,99 €	7,25 €	10,42 €
Gas Natural	719,40 €								48,54 €	43,88 €	105,64 €	182,33 €	144,00 €	195,01 €
COSTES TOTALES (Millones €)	16.069,58 €	92,29 €	180,32 €	315,45 €	464,20 €	380,11 €	296,68 €	457,81 €	626,78 €	905,71 €	1.198,39 €	2.146,65 €	4.208,36 €	4.796,82 €
Primas Total renovables (* - XVIII)	16.069,58 €	92,29 €	180,32 €	315,45 €	464,20 €	380,11 €	296,68 €	457,81 €	626,78 €	905,71 €	1.198,39 €	2.146,65 €	4.208,36 €	4.796,82 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)		0,718	0,734	0,759	0,787	0,811	0,835	0,861	0,890	0,921	0,947	0,985	0,982	1,000
Eólica	-683,63 €	-118,57 €	-220,81 €	-342,24 €	-477,26 €	-321,21 €	-158,07 €	-190,60 €	140,97 €	10,92 €	215,84 €	703,90 €	-5,25 €	78,74 €
Fotovoltaica	-5.847,37 €	-0,11 €	-0,37 €	-0,36 €	-0,51 €	-1,40 €	-2,88 €	-6,75 €	-14,10 €	-38,88 €	-182,54 €	-855,05 €	-2.395,86 €	-2.348,58 €
Termosolar	-152,29 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-152,29 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)	-6.683,29 €	-118,67 €	-221,18 €	-342,60 €	-477,77 €	-322,61 €	-160,94 €	-197,35 €	126,87 €	-27,96 €	33,29 €	-151,15 €	-2.401,10 €	-2.422,13 €

Tabla A 1. Análisis económico 1998 - 2010. Escenario térmico de referencia A

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Periodo PANER 2011 – 2020.

Marco de referencia precios materias primas Alto

PANER 2011 - 2020 - Generación equivalente Total renovables producida según distribución producción anual pool Térmica:
Escenario Térmico A. Precio materias primas Alto

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BENEFICIOS (Millones €)	56.805,34 €	2.901,01 €	3.477,20 €	4.014,58 €	4.538,53 €	5.153,62 €	5.771,99 €	6.472,27 €	7.249,54 €	8.120,63 €	9.105,98 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		2.485,16 €	2.985,10 €	3.417,70 €	3.833,61 €	4.332,01 €	4.822,00 €	5.377,11 €	5.992,76 €	6.682,42 €	7.462,40 €
Eólica		2.024,18 €	2.359,16 €	2.655,40 €	2.951,93 €	3.302,98 €	3.640,94 €	4.021,25 €	4.436,22 €	4.895,44 €	5.410,92 €
Carbón	3.742,22 €	266,89 €	276,08 €	302,42 €	329,56 €	357,83 €	382,45 €	409,93 €	439,25 €	471,18 €	506,63 €
Oil (Brent)	252,52 €	16,48 €	18,15 €	20,21 €	22,32 €	24,52 €	26,18 €	28,02 €	29,99 €	32,14 €	34,51 €
Gas	31.703,67 €	1.740,81 €	2.064,93 €	2.332,77 €	2.600,05 €	2.920,62 €	3.232,31 €	3.583,30 €	3.966,98 €	4.392,13 €	4.869,78 €
Fotovoltaica		339,50 €	403,40 €	455,66 €	506,16 €	571,19 €	635,04 €	707,49 €	789,77 €	883,36 €	989,89 €
Carbón	656,99 €	44,76 €	47,21 €	51,89 €	56,51 €	61,88 €	66,71 €	72,12 €	78,20 €	85,02 €	92,68 €
Oil (Brent)	44,35 €	2,76 €	3,10 €	3,47 €	3,83 €	4,24 €	4,57 €	4,93 €	5,34 €	5,80 €	6,31 €
Gas	5.580,11 €	291,97 €	353,09 €	400,29 €	445,82 €	505,07 €	563,77 €	630,44 €	706,23 €	792,54 €	890,89 €
Termosolar		121,49 €	222,54 €	306,65 €	375,52 €	457,84 €	546,02 €	648,37 €	766,77 €	903,62 €	1.061,59 €
Carbón	554,25 €	16,02 €	26,04 €	34,92 €	41,92 €	49,60 €	57,36 €	66,10 €	75,92 €	86,97 €	99,40 €
Oil (Brent)	37,60 €	0,99 €	1,71 €	2,33 €	2,84 €	3,40 €	3,93 €	4,52 €	5,18 €	5,93 €	6,77 €
Gas	4.818,57 €	104,49 €	194,79 €	269,39 €	330,76 €	404,84 €	484,74 €	577,76 €	685,66 €	810,72 €	955,42 €
TOTAL		2.485,16 €	2.985,10 €	3.417,70 €	3.833,61 €	4.332,01 €	4.822,00 €	5.377,11 €	5.992,76 €	6.682,42 €	7.462,40 €
Carbón	4.953,46 €	327,67 €	349,33 €	389,24 €	428,00 €	469,32 €	506,51 €	548,14 €	593,36 €	643,17 €	698,71 €
Oil (Brent)	334,48 €	20,23 €	22,97 €	26,01 €	28,99 €	32,16 €	34,67 €	37,47 €	40,52 €	43,87 €	47,60 €
Gas	42.102,35 €	2.137,26 €	2.612,80 €	3.002,45 €	3.376,63 €	3.830,54 €	4.280,82 €	4.791,50 €	5.358,88 €	5.995,38 €	6.716,10 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS	9.415,06 €	415,85 €	492,10 €	596,88 €	704,91 €	821,61 €	949,99 €	1.095,15 €	1.256,78 €	1.438,21 €	1.643,58 €
Eólica	7.072,62 €	338,71 €	388,91 €	463,75 €	542,79 €	626,44 €	717,30 €	819,00 €	930,35 €	1.053,61 €	1.191,74 €
Carbón	2.655,22 €	146,43 €	161,57 €	186,53 €	212,56 €	239,86 €	269,95 €	303,03 €	338,52 €	377,10 €	419,67 €
Oil (Brent)	491,17 €	14,75 €	21,61 €	30,12 €	39,35 €	49,30 €	54,75 €	60,63 €	66,80 €	73,37 €	80,50 €
Gas	3.926,22 €	177,53 €	205,74 €	247,10 €	290,88 €	337,28 €	392,61 €	455,35 €	525,03 €	603,13 €	691,57 €
Fotovoltaica	1.247,26 €	56,81 €	66,50 €	79,58 €	93,07 €	108,33 €	125,11 €	144,09 €	165,63 €	190,12 €	218,02 €
Carbón	467,61 €	24,56 €	27,63 €	32,01 €	36,45 €	41,48 €	47,08 €	53,31 €	60,27 €	68,05 €	76,78 €
Oil (Brent)	86,68 €	2,47 €	3,69 €	5,17 €	6,75 €	8,53 €	9,55 €	10,67 €	11,89 €	13,24 €	14,73 €
Gas	692,97 €	29,78 €	35,18 €	42,40 €	49,88 €	58,33 €	68,48 €	80,11 €	93,47 €	108,83 €	126,52 €
Termosolar	1.095,18 €	20,33 €	36,69 €	53,55 €	69,05 €	86,83 €	107,57 €	132,05 €	160,80 €	194,48 €	233,81 €
Carbón	405,66 €	8,79 €	15,24 €	21,54 €	27,04 €	33,25 €	40,48 €	48,86 €	58,51 €	69,61 €	82,34 €
Oil (Brent)	77,11 €	0,89 €	2,04 €	3,48 €	5,01 €	6,83 €	8,21 €	9,78 €	11,55 €	13,54 €	15,79 €
Gas	612,41 €	10,66 €	19,41 €	28,54 €	37,00 €	46,75 €	58,88 €	73,42 €	90,75 €	111,33 €	135,68 €
TOTAL	9.415,06 €	415,85 €	492,10 €	596,88 €	704,91 €	821,61 €	949,99 €	1.095,15 €	1.256,78 €	1.438,21 €	1.643,58 €
Carbón	3.528,49 €	179,78 €	204,44 €	240,08 €	276,05 €	314,59 €	357,52 €	405,21 €	457,29 €	514,75 €	578,78 €
Fuel-oil	654,97 €	18,11 €	27,34 €	38,77 €	51,10 €	64,66 €	72,51 €	81,07 €	90,23 €	100,16 €	111,02 €
Gas Natural	5.231,60 €	217,96 €	260,33 €	318,03 €	377,76 €	442,36 €	519,96 €	608,88 €	709,25 €	823,30 €	953,77 €
COSTES TOTALES (Millones €)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
Primas Total renovables (* - XVIII)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)											
Eólica	17.411,45 €	476,76 €	704,55 €	979,02 €	1.211,95 €	1.510,67 €	1.794,66 €	2.114,18 €	2.464,34 €	2.856,20 €	3.299,13 €
Fotovoltaica	-35.294,56 €	-2.637,27 €	-2.880,94 €	-3.072,00 €	-3.234,56 €	-3.332,87 €	-3.529,71 €	-3.750,54 €	-3.997,92 €	-4.274,70 €	-4.584,04 €
Termosolar	-15.228,58 €	-525,29 €	-876,73 €	-1.131,59 €	-1.303,27 €	-1.389,53 €	-1.569,12 €	-1.765,64 €	-1.980,48 €	-2.215,22 €	-2.471,71 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)	-33.111,69 €	-2.685,80 €	-3.053,12 €	-3.224,56 €	-3.325,89 €	-3.211,73 €	-3.304,18 €	-3.402,00 €	-3.514,07 €	-3.633,72 €	-3.756,62 €

Tabla A 2. Análisis económico energía eólica PANER 2011 - 2020. Escenario térmico A. Marco de referencia Alto

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Marco de referencia precios materias primas Base

PANER 2011 - 2020 - Generación equivalente Total renovables producida según distribución producción anual pool Térmica:
Escenario Térmico A. Precio materias primas Base

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BENEFICIOS (Millones €)	45.677,72 €	2.787,25 €	3.347,68 €	3.606,87 €	3.820,53 €	4.077,06 €	4.511,49 €	5.002,18 €	5.544,13 €	6.149,15 €	6.831,38 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		2.399,12 €	2.886,33 €	3.064,25 €	3.195,92 €	3.364,68 €	3.702,99 €	4.085,06 €	4.506,43 €	4.976,36 €	5.505,92 €
Eólica		1.954,09 €	2.281,10 €	2.380,78 €	2.460,90 €	2.565,43 €	2.796,01 €	3.054,99 €	3.335,94 €	3.645,61 €	3.992,29 €
Carbón	3.742,22 €	266,89 €	276,08 €	302,42 €	329,56 €	357,83 €	382,45 €	409,93 €	439,25 €	471,18 €	506,63 €
Oil (Brent)	193,07 €	16,03 €	16,57 €	16,84 €	17,01 €	17,13 €	18,53 €	20,09 €	21,75 €	23,56 €	25,56 €
Gas	24.531,86 €	1.671,17 €	1.988,45 €	2.061,52 €	2.114,32 €	2.190,47 €	2.395,02 €	2.624,98 €	2.874,94 €	3.150,88 €	3.460,11 €
Fotovoltaica		327,74 €	390,05 €	408,53 €	421,97 €	443,64 €	487,67 €	537,49 €	593,89 €	657,83 €	730,36 €
Carbón	656,99 €	44,76 €	47,21 €	51,89 €	56,51 €	61,88 €	66,71 €	72,12 €	78,20 €	85,02 €	92,68 €
Oil (Brent)	33,86 €	2,69 €	2,83 €	2,89 €	2,92 €	2,96 €	3,23 €	3,53 €	3,87 €	4,25 €	4,68 €
Gas	4.308,34 €	280,29 €	340,01 €	353,75 €	362,54 €	378,80 €	417,73 €	461,83 €	511,82 €	568,56 €	633,00 €
Termosolar		117,29 €	215,18 €	274,93 €	313,05 €	355,61 €	419,31 €	492,58 €	576,59 €	672,92 €	783,27 €
Carbón	554,25 €	16,02 €	26,04 €	34,92 €	41,92 €	49,60 €	57,36 €	66,10 €	75,92 €	86,97 €	99,40 €
Oil (Brent)	28,15 €	0,96 €	1,56 €	1,94 €	2,16 €	2,37 €	2,78 €	3,24 €	3,76 €	4,35 €	5,01 €
Gas	3.638,33 €	100,31 €	187,57 €	238,07 €	268,97 €	303,63 €	359,18 €	423,24 €	496,91 €	581,60 €	678,85 €
TOTAL		2.399,12 €	2.886,33 €	3.064,25 €	3.195,92 €	3.364,68 €	3.702,99 €	4.085,06 €	4.506,43 €	4.976,36 €	5.505,92 €
Carbón	4.953,46 €	327,67 €	349,33 €	389,29 €	428,00 €	469,32 €	506,51 €	548,14 €	593,36 €	643,17 €	698,71 €
Oil (Brent)	255,08 €	19,68 €	20,97 €	21,67 €	22,10 €	22,46 €	24,54 €	26,86 €	29,38 €	32,16 €	35,25 €
Gas	32.478,52 €	2.051,77 €	2.516,03 €	2.653,33 €	2.745,83 €	2.872,90 €	3.171,93 €	3.510,05 €	3.883,68 €	4.301,04 €	4.771,96 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS	7.990,66 €	388,12 €	461,35 €	542,62 €	624,61 €	712,38 €	808,50 €	917,12 €	1.037,71 €	1.172,79 €	1.325,47 €
Eólica	6.011,20 €	316,13 €	364,61 €	421,59 €	480,96 €	543,16 €	610,47 €	685,87 €	768,18 €	859,17 €	961,08 €
Carbón	2.263,01 €	136,67 €	151,47 €	169,57 €	188,35 €	207,97 €	229,74 €	253,77 €	279,51 €	307,51 €	338,44 €
Oil (Brent)	416,29 €	13,77 €	20,26 €	27,38 €	34,87 €	42,75 €	46,59 €	50,77 €	55,15 €	59,83 €	64,92 €
Gas	3.331,91 €	165,70 €	192,88 €	224,63 €	257,74 €	292,44 €	334,13 €	381,32 €	433,51 €	491,83 €	557,72 €
Fotovoltaica	1.058,87 €	53,02 €	62,35 €	72,34 €	82,47 €	93,93 €	106,48 €	120,67 €	136,76 €	155,03 €	175,82 €
Carbón	398,06 €	22,92 €	25,90 €	29,10 €	32,30 €	35,96 €	40,07 €	44,65 €	49,76 €	55,49 €	61,92 €
Oil (Brent)	73,39 €	2,31 €	3,46 €	4,70 €	5,98 €	7,39 €	8,13 €	8,93 €	9,82 €	10,80 €	11,88 €
Gas	587,41 €	27,79 €	32,98 €	38,55 €	44,19 €	50,57 €	58,28 €	67,09 €	77,18 €	88,75 €	102,03 €
Termosolar	920,59 €	18,97 €	34,39 €	48,69 €	61,18 €	75,29 €	91,55 €	110,59 €	132,77 €	158,59 €	188,56 €
Carbón	341,71 €	8,20 €	14,29 €	19,58 €	23,96 €	28,83 €	34,45 €	40,92 €	48,31 €	56,76 €	66,40 €
Oil (Brent)	64,75 €	0,83 €	1,91 €	3,16 €	4,44 €	5,93 €	6,99 €	8,19 €	9,53 €	11,04 €	12,74 €
Gas	514,13 €	9,95 €	18,19 €	25,94 €	32,79 €	40,54 €	50,11 €	61,48 €	74,93 €	90,78 €	109,42 €
TOTAL	7.990,66 €	388,12 €	461,35 €	542,62 €	624,61 €	712,38 €	808,50 €	917,12 €	1.037,71 €	1.172,79 €	1.325,47 €
Carbón	3.002,78 €	167,79 €	191,66 €	218,26 €	244,60 €	272,76 €	304,27 €	339,34 €	377,58 €	419,76 €	466,76 €
Fuel-oil	554,43 €	16,90 €	25,63 €	35,24 €	45,28 €	56,06 €	61,71 €	67,89 €	74,50 €	81,67 €	89,53 €
Gas Natural	4.433,45 €	203,43 €	244,06 €	289,12 €	334,72 €	383,55 €	442,52 €	509,90 €	585,62 €	671,36 €	769,17 €
COSTES TOTALES (Millones €)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
Primas Total renovables (* - XVIII)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)											
Eólica	9.118,78 €	384,09 €	602,19 €	662,24 €	659,08 €	689,84 €	842,89 €	1.014,79 €	1.201,89 €	1.411,93 €	1.649,84 €
Fotovoltaica	-36.765,23 €	-2.652,81 €	-2.898,45 €	-3.126,36 €	-3.329,36 €	-3.474,82 €	-3.695,72 €	-3.943,97 €	-4.222,68 €	-4.535,31 €	-4.885,76 €
Termosolar	-16.592,86 €	-530,86 €	-886,38 €	-1.168,17 €	-1.373,60 €	-1.503,31 €	-1.711,85 €	-1.942,90 €	-2.198,69 €	-2.481,81 €	-2.795,29 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)	-44.239,31 €	-2.799,57 €	-3.182,64 €	-3.632,28 €	-4.043,88 €	-4.288,29 €	-4.564,67 €	-4.872,09 €	-5.219,47 €	-5.605,19 €	-6.031,21 €

Tabla A 3. Análisis económico energía eólica PANER 2011 - 2020. Escenario térmico A. Marco de referencia Base

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Marco de referencia precios materias primas Bajo

PANER 2011 - 2020 - Generación equivalente Total renovables producida según distribución producción anual pool Térmica:
Escenario Térmico A. Precio materias primas Bajo

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BENEFICIOS (Millones €)	37.684,78 €	2.700,47 €	3.151,94 €	3.282,84 €	3.356,42 €	3.451,04 €	3.710,22 €	4.000,69 €	4.316,14 €	4.663,66 €	5.051,37 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		2.312,34 €	2.690,60 €	2.781,96 €	2.821,04 €	2.881,13 €	3.103,84 €	3.353,31 €	3.624,34 €	3.922,95 €	4.256,09 €
Eólica		1.883,41 €	2.126,41 €	2.161,46 €	2.172,24 €	2.196,74 €	2.343,61 €	2.507,76 €	2.682,96 €	2.873,90 €	3.086,05 €
	Carbón	266,89 €	276,08 €	302,42 €	329,56 €	357,83 €	382,45 €	409,93 €	439,25 €	471,18 €	506,63 €
	Oil (Brent)	14,98 €	14,84 €	14,52 €	14,07 €	13,52 €	13,98 €	14,52 €	15,08 €	15,69 €	16,38 €
	Gas	20.144,74 €	1.835,49 €	1.844,52 €	1.828,60 €	1.825,39 €	1.947,17 €	2.083,31 €	2.228,64 €	2.387,03 €	2.563,04 €
Fotovoltaica		315,89 €	363,60 €	370,90 €	372,47 €	379,89 €	408,77 €	441,21 €	477,64 €	518,58 €	564,57 €
	Carbón	44,76 €	47,21 €	51,89 €	56,51 €	61,88 €	66,71 €	72,12 €	78,20 €	85,02 €	92,68 €
	Oil (Brent)	2,51 €	2,54 €	2,49 €	2,41 €	2,34 €	2,44 €	2,55 €	2,68 €	2,83 €	3,00 €
	Gas	3.530,72 €	313,86 €	316,51 €	313,55 €	315,67 €	339,62 €	366,53 €	396,76 €	430,73 €	468,89 €
Termosolar		113,04 €	200,59 €	249,61 €	276,33 €	304,50 €	351,47 €	404,34 €	463,73 €	530,48 €	605,47 €
	Carbón	554,25 €	16,02 €	26,04 €	34,92 €	41,92 €	49,60 €	57,36 €	66,10 €	75,92 €	86,97 €
	Oil (Brent)	20,79 €	0,90 €	1,40 €	1,68 €	1,79 €	1,87 €	2,10 €	2,34 €	2,61 €	2,90 €
	Gas	2.924,51 €	96,13 €	173,14 €	213,01 €	232,62 €	253,03 €	292,01 €	335,91 €	385,20 €	440,61 €
TOTAL		2.312,34 €	2.690,60 €	2.781,96 €	2.821,04 €	2.881,13 €	3.103,84 €	3.353,31 €	3.624,34 €	3.922,95 €	4.256,09 €
	Carbón	4.953,46 €	327,67 €	349,33 €	389,24 €	428,00 €	469,32 €	506,51 €	548,14 €	593,36 €	643,17 €
	Oil (Brent)	194,18 €	18,39 €	18,78 €	18,69 €	18,28 €	17,73 €	18,52 €	19,41 €	20,37 €	21,42 €
	Gas	26.599,97 €	1.966,28 €	2.322,49 €	2.374,03 €	2.374,77 €	2.394,08 €	2.578,81 €	2.785,75 €	3.010,60 €	3.258,36 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS	5.937,18 €	388,12 €	461,35 €	500,88 €	535,38 €	569,90 €	606,37 €	647,38 €	691,81 €	740,71 €	795,28 €
Eólica	4.490,06 €	316,13 €	364,61 €	389,16 €	412,25 €	434,53 €	457,85 €	484,14 €	512,12 €	542,63 €	576,65 €
	Carbón	1.707,55 €	136,67 €	151,47 €	156,53 €	161,44 €	166,38 €	172,31 €	179,13 €	186,34 €	194,22 €
	Oil (Brent)	307,67 €	13,77 €	20,26 €	25,27 €	29,89 €	34,20 €	34,95 €	35,84 €	36,77 €	37,79 €
	Gas	2.474,84 €	165,70 €	192,88 €	207,36 €	220,92 €	233,95 €	250,60 €	269,17 €	289,01 €	310,63 €
Fotovoltaica	787,59 €	53,02 €	62,35 €	66,78 €	70,69 €	75,14 €	79,86 €	85,18 €	91,17 €	97,91 €	105,49 €
	Carbón	299,07 €	22,92 €	25,90 €	26,86 €	27,68 €	28,77 €	30,05 €	31,52 €	33,17 €	35,05 €
	Oil (Brent)	54,04 €	2,31 €	3,46 €	4,34 €	5,12 €	5,91 €	6,10 €	6,31 €	6,55 €	6,82 €
	Gas	434,48 €	27,79 €	32,98 €	35,58 €	37,88 €	40,46 €	43,71 €	47,36 €	51,45 €	56,05 €
Termosolar	659,52 €	18,97 €	34,39 €	44,94 €	52,44 €	60,23 €	68,66 €	78,06 €	88,52 €	100,16 €	113,14 €
	Carbón	246,79 €	8,20 €	14,29 €	18,08 €	20,54 €	23,06 €	25,84 €	28,88 €	32,21 €	35,85 €
	Oil (Brent)	46,19 €	0,83 €	1,91 €	2,92 €	3,80 €	4,74 €	5,24 €	5,78 €	6,36 €	6,98 €
	Gas	366,54 €	9,95 €	18,19 €	23,95 €	28,10 €	32,43 €	37,58 €	43,40 €	49,95 €	57,34 €
TOTAL	5.937,18 €	388,12 €	461,35 €	500,88 €	535,38 €	569,90 €	606,37 €	647,38 €	691,81 €	740,71 €	795,28 €
	Carbón	2.253,41 €	167,79 €	191,66 €	201,47 €	209,66 €	218,21 €	228,20 €	239,53 €	251,72 €	265,11 €
	Fuel-oil	407,90 €	16,90 €	25,63 €	32,53 €	38,81 €	44,85 €	46,28 €	47,92 €	49,67 €	51,58 €
	Gas Natural	3.275,87 €	203,43 €	244,06 €	266,88 €	286,90 €	306,84 €	331,89 €	359,93 €	390,41 €	424,02 €
COSTES TOTALES (Millones €)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
Primas Total renovables (* - XVIII)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)											
	Eólica	3.165,03 €	313,41 €	447,49 €	410,49 €	301,71 €	212,52 €	237,88 €	265,83 €	292,85 €	323,67 €
	Fotovoltaica	-37.822,17 €	-2.664,66 €	-2.924,90 €	-3.169,55 €	-3.390,64 €	-3.557,37 €	-3.801,24 €	-4.075,74 €	-4.384,51 €	-4.731,68 €
	Termosolar	-17.575,10 €	-535,10 €	-900,98 €	-1.197,24 €	-1.419,07 €	-1.569,47 €	-1.802,59 €	-2.063,66 €	-2.355,81 €	-2.682,68 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)	-52.232,25 €	-2.886,35 €	-3.378,38 €	-3.956,30 €	-4.507,99 €	-4.914,32 €	-5.365,95 €	-5.873,58 €	-6.447,47 €	-7.090,69 €	-7.811,23 €

Tabla A 4. Análisis económico energía eólica PANER 2011 - 2020. Escenario térmico A. Marco de referencia Bajo

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Escenario de referencia B: Generación térmica equivalente sólo con centrales ciclo combinado de gas

Generación equivalente Total renovables producida al 100 x Centrales Ciclo Combinado: Escenario Térmico B

		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
BENEFICIOS (Millones €)	11.193,80 €	21,88 €	37,18 €	119,12 €	230,12 €	228,43 €	298,21 €	378,55 €	815,37 €	1.086,39 €	1.355,86 €	2.140,46 €	2.051,48 €	2.430,73 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		21,88 €	37,18 €	119,12 €	230,12 €	228,43 €	298,21 €	378,55 €	680,05 €	992,83 €	1.135,14 €	1.860,95 €	1.841,35 €	2.163,51 €
Eólica	9.260,57 €	21,86 €	37,16 €	119,09 €	230,06 €	228,32 €	297,98 €	378,11 €	678,71 €	988,22 €	1.114,82 €	1.722,70 €	1.583,72 €	1.859,82 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	9.260,57 €	21,86 €	37,16 €	119,09 €	230,06 €	228,32 €	297,98 €	378,11 €	678,71 €	988,22 €	1.114,82 €	1.722,70 €	1.583,72 €	1.859,82 €
Fotovoltaica	697,10 €	0,02 €	0,02 €	0,03 €	0,06 €	0,12 €	0,24 €	0,44 €	1,34 €	4,61 €	20,32 €	138,25 €	257,63 €	274,02 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	697,10 €	0,02 €	0,02 €	0,03 €	0,06 €	0,12 €	0,24 €	0,44 €	1,34 €	4,61 €	20,32 €	138,25 €	257,63 €	274,02 €
Termosolar	29,66 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	29,66 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	29,66 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	29,66 €
TOTAL	9.987,34 €	21,88 €	37,18 €	119,12 €	230,12 €	228,43 €	298,21 €	378,55 €	680,05 €	992,83 €	1.135,14 €	1.860,95 €	1.841,35 €	2.163,51 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	9.987,34 €	21,88 €	37,18 €	119,12 €	230,12 €	228,43 €	298,21 €	378,55 €	680,05 €	992,83 €	1.135,14 €	1.860,95 €	1.841,35 €	2.163,51 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS									135,32 €	93,56 €	220,72 €	279,51 €	210,13 €	267,22 €
Eólica	1.114,13 €								135,06 €	93,13 €	216,77 €	258,75 €	180,73 €	229,71 €
Carbón	0,00 €								- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €								- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	1.114,13 €								135,06 €	93,13 €	216,77 €	258,75 €	180,73 €	229,71 €
Fotovoltaica	88,66 €								0,27 €	0,43 €	3,95 €	20,76 €	29,40 €	33,84 €
Carbón	0,00 €								- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €								- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	88,66 €								0,27 €	0,43 €	3,95 €	20,76 €	29,40 €	33,84 €
Termosolar	3,66 €								0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	3,66 €
Carbón	0,00 €								- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €								- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	3,66 €								- €	- €	- €	- €	- €	3,66 €
TOTAL	1.206,46 €								135,32 €	93,56 €	220,72 €	279,51 €	210,13 €	267,22 €
Carbón	0,00 €								0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Fuel-oil	0,00 €								0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Gas Natural	1.206,46 €								135,32 €	93,56 €	220,72 €	279,51 €	210,13 €	267,22 €
COSTES TOTALES (Millones €)	16.069,58 €	92,29 €	180,32 €	315,45 €	464,20 €	380,11 €	296,68 €	457,81 €	626,78 €	905,71 €	1.198,39 €	2.146,65 €	4.208,36 €	4.796,82 €
Primas Total renovables (* - XVIII)	16.069,58 €	92,29 €	180,32 €	315,45 €	464,20 €	380,11 €	296,68 €	457,81 €	626,78 €	905,71 €	1.198,39 €	2.146,65 €	4.208,36 €	4.796,82 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)		0,718	0,734	0,759	0,787	0,811	0,835	0,861	0,890	0,921	0,947	0,985	0,982	1,000
Eólica	828,18 €	-98,05 €	-194,64 €	-258,24 €	-297,13 €	-185,76 €	4,58 €	-85,46 €	225,90 €	234,02 €	346,51 €	838,00 €	171,54 €	126,90 €
Fotovoltaica	-5.796,74 €	-0,09 €	-0,36 €	-0,33 €	-0,46 €	-1,33 €	-2,75 €	-6,63 €	-13,93 €	-37,84 €	-180,16 €	-844,28 €	-2.367,10 €	-2.341,48 €
Termosolar	-151,52 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	-151,52 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)	-5.120,08 €	-98,13 €	-194,99 €	-258,58 €	-297,59 €	-187,09 €	1,83 €	-92,09 €	211,97 €	196,18 €	166,35 €	-6,28 €	-2.195,56 €	-2.366,10 €

Tabla A 5. Análisis económico 1998 - 2010. Escenario térmico de referencia B.

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Periodo PANER 2011 - 2020

Marco de referencia precios materias primas Alto

PANER 2011 - 2020 - Generación equivalente Total renovables producida al 100 x Centrales Ciclo Combinado: Escenario Térmico B. Precio materias primas Alto

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
BENEFICIOS (Millones €)		58.361,47 €	3.032,91 €	3.653,08 €	4.177,22 €	4.681,87 €	5.296,85 €	5.919,83 €	6.625,51 €	7.408,67 €	8.286,34 €	9.279,20 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		2.735,36 €	3.298,68 €	3.745,19 €	4.169,58 €	4.697,79 €	5.222,29 €	5.815,96 €	6.473,62 €	7.209,63 €	8.041,32 €	
Eólica		2.227,96 €	2.606,99 €	2.909,84 €	3.210,63 €	3.581,87 €	3.943,18 €	4.349,44 €	4.792,18 €	5.281,67 €	5.830,69 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	38.734,45 €	2.227,96 €	2.606,99 €	2.909,84 €	3.210,63 €	3.581,87 €	3.943,18 €	4.349,44 €	4.792,18 €	5.281,67 €	5.830,69 €
Fotovoltaica		373,67 €	445,78 €	499,32 €	550,52 €	619,42 €	687,76 €	765,23 €	853,14 €	953,05 €	1.066,68 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	6.814,57 €	373,67 €	445,78 €	499,32 €	550,52 €	619,42 €	687,76 €	765,23 €	853,14 €	953,05 €	1.066,68 €
Termosolar		133,72 €	245,92 €	336,03 €	408,43 €	496,50 €	591,35 €	701,29 €	828,29 €	974,91 €	1.143,95 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	5.860,40 €	133,72 €	245,92 €	336,03 €	408,43 €	496,50 €	591,35 €	701,29 €	828,29 €	974,91 €	1.143,95 €
TOTAL		2.735,36 €	3.298,68 €	3.745,19 €	4.169,58 €	4.697,79 €	5.222,29 €	5.815,96 €	6.473,62 €	7.209,63 €	8.041,32 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	51.409,42 €	2.735,36 €	3.298,68 €	3.745,19 €	4.169,58 €	4.697,79 €	5.222,29 €	5.815,96 €	6.473,62 €	7.209,63 €	8.041,32 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS		6.952,05 €	297,55 €	354,40 €	432,03 €	512,28 €	599,06 €	697,53 €	809,54 €	935,05 €	1.076,72 €	1.237,88 €
Eólica		5.219,98 €	242,36 €	280,09 €	335,67 €	394,47 €	456,76 €	526,68 €	605,41 €	692,18 €	788,79 €	897,57 €
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	5.219,98 €	242,36 €	280,09 €	335,67 €	394,47 €	456,76 €	526,68 €	605,41 €	692,18 €	788,79 €	897,57 €
Fotovoltaica		920,91 €	40,65 €	47,89 €	57,60 €	67,64 €	78,99 €	91,86 €	106,52 €	123,23 €	142,33 €	164,20 €
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	920,91 €	40,65 €	47,89 €	57,60 €	67,64 €	78,99 €	91,86 €	106,52 €	123,23 €	142,33 €	164,20 €
Termosolar		811,16 €	14,55 €	26,42 €	38,76 €	50,18 €	63,31 €	78,99 €	97,61 €	119,64 €	145,60 €	176,10 €
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	811,16 €	14,55 €	26,42 €	38,76 €	50,18 €	63,31 €	78,99 €	97,61 €	119,64 €	145,60 €	176,10 €
TOTAL		6.952,05 €	297,55 €	354,40 €	432,03 €	512,28 €	599,06 €	697,53 €	809,54 €	935,05 €	1.076,72 €	1.237,88 €
	Carbón	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Fuel-oil	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Gas Natural	6.952,05 €	297,55 €	354,40 €	432,03 €	512,28 €	599,06 €	697,53 €	809,54 €	935,05 €	1.076,72 €	1.237,88 €
COSTES TOTALES (Millones €)		89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
Primas Total renovables (* - XVIII)		89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)												
	Eólica	18.594,85 €	584,19 €	843,55 €	1.105,38 €	1.322,33 €	1.619,88 €	1.906,28 €	2.228,78 €	2.582,14 €	2.977,60 €	3.424,73 €
	Fotovoltaica	-35.087,79 €	-2.619,25 €	-2.857,17 €	-3.050,31 €	-3.215,64 €	-3.313,99 €	-3.510,24 €	-3.730,38 €	-3.976,95 €	-4.252,80 €	-4.561,06 €
	Termosolar	-15.062,62 €	-518,85 €	-863,62 €	-1.116,99 €	-1.289,23 €	-1.374,39 €	-1.552,38 €	-1.747,16 €	-1.960,12 €	-2.192,81 €	-2.447,07 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)		-31.555,56 €	-2.553,91 €	-2.877,24 €	-3.061,93 €	-3.182,54 €	-3.068,50 €	-3.156,34 €	-3.248,76 €	-3.354,94 €	-3.468,00 €	-3.583,40 €

Tabla A 6. Análisis económico energía eólica PANER 2011 - 2020. Escenario térmico B. Marco de referencia Alto

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Marco de referencia precios materias primas Base

PANER 2011 - 2020 - Generación equivalente Total renovables producida al 100 x Centrales Ciclo Combinado: Escenario Térmico B. Precio materias primas Base

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	
BENEFICIOS (Millones €)		45.629,46 €	2.903,66 €	3.508,76 €	3.702,45 €	3.844,57 €	4.042,76 €	4.463,17 €	4.938,47 €	5.463,61 €	6.050,13 €	6.711,86 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		2.625,94 €	3.176,51 €	3.309,70 €	3.390,65 €	3.523,34 €	3.869,53 €	4.260,53 €	4.691,55 €	5.172,12 €	5.713,57 €	
Eólica		2.138,84 €	2.510,43 €	2.571,49 €	2.610,85 €	2.686,40 €	2.921,76 €	3.186,22 €	3.472,98 €	3.789,02 €	4.142,86 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	30.030,84 €	2.138,84 €	2.510,43 €	2.571,49 €	2.610,85 €	2.686,40 €	2.921,76 €	3.186,22 €	3.472,98 €	4.142,86 €	
Fotovoltaica		358,73 €	429,27 €	441,26 €	447,68 €	464,56 €	509,61 €	560,58 €	618,29 €	683,71 €	757,91 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	5.271,57 €	358,73 €	429,27 €	441,26 €	447,68 €	464,56 €	509,61 €	560,58 €	618,29 €	683,71 €	
Termosolar		128,38 €	236,81 €	296,96 €	332,13 €	372,38 €	438,17 €	513,73 €	600,28 €	699,39 €	812,81 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	4.431,03 €	128,38 €	236,81 €	296,96 €	332,13 €	372,38 €	438,17 €	513,73 €	600,28 €	699,39 €	
TOTAL		2.625,94 €	3.176,51 €	3.309,70 €	3.390,65 €	3.523,34 €	3.869,53 €	4.260,53 €	4.691,55 €	5.172,12 €	5.713,57 €	
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	39.733,45 €	2.625,94 €	3.176,51 €	3.309,70 €	3.390,65 €	3.869,53 €	4.260,53 €	4.691,55 €	5.172,12 €	5.713,57 €	
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS		5.896,01 €	277,72 €	332,25 €	392,75 €	453,92 €	519,42 €	593,64 €	677,94 €	772,06 €	878,01 €	998,29 €
Eólica		4.433,33 €	226,20 €	262,58 €	305,15 €	349,53 €	396,03 €	448,24 €	507,00 €	571,53 €	643,22 €	723,85 €
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	4.433,33 €	226,20 €	262,58 €	305,15 €	349,53 €	396,03 €	448,24 €	507,00 €	571,53 €	643,22 €	
Fotovoltaica		781,24 €	37,94 €	44,90 €	52,36 €	59,93 €	68,49 €	78,18 €	89,20 €	101,75 €	116,07 €	132,42 €
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	781,24 €	37,94 €	44,90 €	52,36 €	59,93 €	68,49 €	78,18 €	89,20 €	101,75 €	116,07 €	
Termosolar		681,44 €	13,58 €	24,77 €	35,24 €	44,46 €	54,90 €	67,22 €	81,75 €	98,78 €	118,73 €	142,02 €
	Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	
	Gas	681,44 €	13,58 €	24,77 €	35,24 €	44,46 €	54,90 €	67,22 €	81,75 €	98,78 €	118,73 €	
TOTAL		5.896,01 €	277,72 €	332,25 €	392,75 €	453,92 €	519,42 €	593,64 €	677,94 €	772,06 €	878,01 €	998,29 €
	Carbón	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Fuel-oil	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	
	Gas Natural	5.896,01 €	277,72 €	332,25 €	392,75 €	453,92 €	519,42 €	593,64 €	677,94 €	772,06 €	878,01 €	
COSTES TOTALES (Millones €)		89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
Primas Total renovables (* - XVIII)		89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)												
	Eólica	9.104,60 €	478,91 €	729,49 €	736,51 €	677,60 €	663,69 €	806,41 €	967,14 €	1.142,29 €	1.339,39 €	1.563,17 €
	Fotovoltaica	-36.770,46 €	-2.636,90 €	-2.876,68 €	-3.113,61 €	-3.326,19 €	-3.479,34 €	-3.702,08 €	-3.952,35 €	-4.233,29 €	-4.548,40 €	-4.901,62 €
	Termosolar	-16.621,70 €	-525,17 €	-874,38 €	-1.159,59 €	-1.371,25 €	-1.506,93 €	-1.717,32 €	-1.950,59 €	-2.208,99 €	-2.495,19 €	-2.812,29 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)		-44.287,57 €	-2.683,16 €	-3.021,56 €	-3.536,69 €	-4.019,84 €	-4.322,59 €	-4.612,99 €	-4.935,79 €	-5.299,99 €	-5.704,21 €	-6.150,74 €

Tabla A 7. Análisis económico energía eólica PANER 2011 - 2020. Escenario térmico B. Marco de referencia Base

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO2, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Marco de referencia precios materias primas Bajo

PANER 2011 - 2020 - Generación equivalente Total renovables producida al 100 x Centrales Ciclo Combinado: Escenario Térmico B. Precio materias primas Bajo

		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
BENEFICIOS (Millones €)	36.962,43 €	2.794,24 €	3.264,41 €	3.323,85 €	3.321,53 €	3.351,65 €	3.591,19 €	3.859,92 €	4.151,57 €	4.472,81 €	4.831,25 €
COMBUSTIBLES FÓSILES NO IMPORTADOS		2.516,53 €	2.932,16 €	2.961,31 €	2.932,45 €	2.936,12 €	3.145,96 €	3.381,37 €	3.636,86 €	3.918,27 €	4.232,27 €
Eólica		2.049,72 €	2.317,32 €	2.300,80 €	2.258,03 €	2.238,67 €	2.375,41 €	2.528,75 €	2.692,24 €	2.870,47 €	3.068,78 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	24.700,19 €	2.049,72 €	2.317,32 €	2.300,80 €	2.258,03 €	2.238,67 €	2.375,41 €	2.528,75 €	2.692,24 €	2.870,47 €	3.068,78 €
Fotovoltaica		343,78 €	396,24 €	394,81 €	387,18 €	387,14 €	414,31 €	444,90 €	479,29 €	517,96 €	561,41 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	4.327,03 €	343,78 €	396,24 €	394,81 €	387,18 €	387,14 €	414,31 €	444,90 €	479,29 €	517,96 €	561,41 €
Termosolar		123,03 €	218,60 €	265,70 €	287,25 €	310,31 €	356,24 €	407,73 €	465,33 €	529,84 €	602,08 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	3.566,10 €	123,03 €	218,60 €	265,70 €	287,25 €	310,31 €	356,24 €	407,73 €	465,33 €	529,84 €	602,08 €
TOTAL		2.516,53 €	2.932,16 €	2.961,31 €	2.932,45 €	2.936,12 €	3.145,96 €	3.381,37 €	3.636,86 €	3.918,27 €	4.232,27 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	32.593,32 €	2.516,53 €	2.932,16 €	2.961,31 €	2.932,45 €	2.936,12 €	3.145,96 €	3.381,37 €	3.636,86 €	3.918,27 €	4.232,27 €
DERECHOS EMISIÓN CO2 EVITADOS	4.369,11 €	277,72 €	332,25 €	362,54 €	389,08 €	415,53 €	445,23 €	478,55 €	514,71 €	554,53 €	598,97 €
Eólica	3.302,52 €	226,20 €	262,58 €	281,68 €	299,59 €	316,83 €	336,18 €	357,88 €	381,02 €	406,24 €	434,31 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	3.302,52 €	226,20 €	262,58 €	281,68 €	299,59 €	316,83 €	336,18 €	357,88 €	381,02 €	406,24 €	434,31 €
Fotovoltaica	579,52 €	37,94 €	44,90 €	48,33 €	51,37 €	54,79 €	58,64 €	62,96 €	67,83 €	73,30 €	79,45 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	579,52 €	37,94 €	44,90 €	48,33 €	51,37 €	54,79 €	58,64 €	62,96 €	67,83 €	73,30 €	79,45 €
Termosolar	487,08 €	13,58 €	24,77 €	32,53 €	38,11 €	43,92 €	50,42 €	57,70 €	65,86 €	74,99 €	85,21 €
Carbón	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Oil (Brent)	0,00 €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
Gas	487,08 €	13,58 €	24,77 €	32,53 €	38,11 €	43,92 €	50,42 €	57,70 €	65,86 €	74,99 €	85,21 €
TOTAL	4.369,11 €	277,72 €	332,25 €	362,54 €	389,08 €	415,53 €	445,23 €	478,55 €	514,71 €	554,53 €	598,97 €
Carbón	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Fuel-oil	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Gas Natural	4.369,11 €	277,72 €	332,25 €	362,54 €	389,08 €	415,53 €	445,23 €	478,55 €	514,71 €	554,53 €	598,97 €
COSTES TOTALES (Millones €)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
Primas Total renovables (* - XVIII)	89.917,03 €	5.586,82 €	6.530,32 €	7.239,15 €	7.864,41 €	8.365,35 €	9.076,16 €	9.874,27 €	10.763,61 €	11.754,34 €	12.862,60 €
DEFLACTOR 2010 (Fuente OCDE)											
Eólica	2.643,13 €	389,79 €	536,38 €	442,35 €	274,85 €	136,75 €	148,01 €	160,55 €	171,03 €	183,86 €	199,56 €
Fotovoltaica	-37.916,72 €	-2.651,85 €	-2.909,70 €	-3.164,09 €	-3.395,25 €	-3.570,47 €	-3.816,92 €	-4.094,26 €	-4.406,20 €	-4.756,91 €	-5.151,08 €
Termosolar	-17.681,01 €	-530,51 €	-892,59 €	-1.193,56 €	-1.422,48 €	-1.579,98 €	-1.816,06 €	-2.080,64 €	-2.376,87 €	-2.708,49 €	-3.079,83 €
SALDO DEFLACTADO (BASE 2010)	-52.954,59 €	-2.792,57 €	-3.265,91 €	-3.915,29 €	-4.542,88 €	-5.013,70 €	-5.484,97 €	-6.014,35 €	-6.612,04 €	-7.281,54 €	-8.031,35 €

Tabla A 8. Análisis económico energía eólica PANER 2011 - 2020. Escenario térmico B. Marco de referencia Bajo

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

9. Anexo 2 – Síntesis ahorros físicos en combustibles fósiles y en emisiones de CO₂

		Toneladas carbón importación		
Escenarios alternativos de evaluación de producción térmica		PERIODO 1998 - 2010	PERIODO PANER 2011 - 2020	
Escenario	A	Eólica	27.819.304	45.118.655
		Fotovoltaica	1.462.340	7.900.549
		Termosolar	64.113	6.499.211
		TOTAL	29.345.758	59.518.414

		Barriles de petróleo		
Escenarios alternativos de evaluación de producción térmica		PERIODO 1998 - 2010	PERIODO PANER 2011 - 2020	
Escenario	A	Eólica	7.841.073	2.447.028
		Fotovoltaica	93.077	428.609
		Termosolar	3.280	353.862
		TOTAL	7.937.430	3.229.499

		Gas natural (Mbtu)		
Escenarios alternativos de evaluación de producción térmica		PERIODO 1998 - 2010	PERIODO PANER 2011 - 2020	
Escenario	A	Eólica	881.391.503	3.292.496.050
		Fotovoltaica	79.326.924	577.770.744
		Termosolar	3.763.923	485.125.477
		TOTAL	964.482.350	4.355.392.272
	B	Eólica	1.662.987.735	4.032.279.843
		Fotovoltaica	109.845.429	707.254.727
		Termosolar	4.912.429	591.054.422
		TOTAL	1.777.745.593	5.330.588.992

Tabla A 9. Combustibles fósiles no importados

		Toneladas CO ₂		
Escenarios alternativos de evaluación de producción térmica		PERIODO 1998 - 2010	PERIODO PANER 2011 - 2020	
Escenario	A	Eólica	153.542.212	300.842.927
		Fotovoltaica	8.576.070	52.758.604
		Termosolar	360.681	44.058.373
		TOTAL	162.478.964	397.659.905
	B	Eólica	86.951.850	221.244.830
		Fotovoltaica	5.810.161	38.815.590
		Termosolar	255.862	32.536.320
		TOTAL	93.017.873	292.596.740

Tabla A 10. Emisión de toneladas CO₂ evitadas

10. Referencias y bibliografía

AEE (Asociación Empresarial Eólica), (2010). “Estudio macroeconómico del impacto del sector eólico en España 2010”

Agnolucci Paolo (2006). Use of economic instruments in the German renewable electricity policy. *Energy Policy* 34, 3538 - 3548

Alishashi, Ehsan; Moghaddam, Mohsen P; Sheikh-El-Eslami, Mohammad K. (2011). An intervention on the impacts of regulatory intervention on wind power expansion in generation planning. *Energy Policy* 39, 4614 – 4623.

Büsgen, Uwe; Dürrschmidt, Wolfhart (2009). The expansion of electricity generation from renewable energies in Germany. A review based on the Renewable Energy Sources Act Progress Report 2007 and the new German feed-in legislation. *Energy Policy*, 2536 - 2545

Butler, Lucy; Neuhoff, Karsten (2008). Comparison of feed-in tariff, quota and auction mechanisms to support wind power development. *Renewable Energy* 33, 1854 – 1867

Caldés, N; Varela, M; Santamaría, M; Saéz, R (2009). Economic impact of solar thermal electricity deployment in Spain. *Energy Policy* 37 1628–1636

Cansino, Jose M; Pablo-Romero, Maria del P.; Román, Rocío; Yñiguez, Roco. (2010) Tax incentives to promote green electricity: An overview of EU-27 countries. *Energy Policy* 38, 6000 - 6008

CE (2007). Conclusiones de la Presidencia del Consejo Europeo de Bruselas (8 y 9 de marzo de 2007). http://www.consilium.europa.eu/ueDocs/cms_Data/docs/pressData/es/ec/93146.pdf

CEC (Commission of the European Communities) (2008). "Energy Sources, Production Costs, and Performance of Technologies for Power Generation, Heating and Transport"

Del Río Gonzalez, Pablo (2008). Ten years of renewable electricity policies in Spain: An analysis of successive feed-in tariff reforms

Del Río, Pablo (2010). Analysing the interactions between renewable energy promotion and energy efficiency support schemes: The impact of different instruments and design elements. *Energy Policy* 38 (2010) 4978 - 4989

Del Río, Pablo (2011). Analysing future trends of renewable electricity in the EU in a low-carbon context. *Energy Reviews* 15, 2520 – 2533

Del Río, Pablo; Gual Miguel A. (2007). An integrated assesment of the feed-in tariff system in Spain. *Energy Policy* 35 (2007) 994 - 1012

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Delarue, Erik D. ; Luickx, Patrick J.; D'haeseleer, William D. (2009). The actual effect of wind power on overall electricity generation costs and CO₂ emissions. *Energy Conversion and Management* 50, 1450 - 1456

Denny, Eleanor (2007). "A cost benefit Analysis of wind power" . PhD Thesis - School of Electrical, Electronic and Mechanical Engineering National University of Ireland

EWEA (European Wind Energy Association) (2010). *Powering Europe: wind energy and the electricity grid*

Foidart, F; Oliver-Solá, J; Gasol C.M.; Gabarrell, X; Rieradevall, J (2010). How important are current energy mix choices on future sustainability? Case study: Belgium and Spain – projections toward 2020 -2030. *Energy Policy* 38, 5028 - 5037

Fouquet, Doerte; Johansson, Thomas B (2008). European renewable energy policy at crossroads – Focus on electricity support mechanisms. *Energy Policy* 36, 4079 – 4092

Gelabert, Liliana; Linares, Pedro; Labandeira, Xavier (2011). *Renewable Energy and Electricity Prices in Spain – Economics for Energy*, WP 01/2011

Haas Reinhard; Eichhammer, W.; Huber, C. ; Langniss, O.; Lorenzoni, A.; Madlener, R. ; Menanteau, P.; Morthorst, P. -E.; Martins, A.; Oniszcz, A. ; Schleich, J. ; Smith, A.; Vass,Z. and Verbruggen, A. (2004). How to promote renewable energy systems successfully and effectively. *Energy Policy* 32, 833 - 839

Haas, Reinhard; Panzer, Christian; Resch, Gustav; Ragwitz, Mario; Reece, Gemma; Held, Anned (2011). A historical review of promotion strategies for electricity from renewable energy sources in EU countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15, 1003 – 1034

Haas, Reinhard; Resch, Gustav; Panzer, Christian; Busch, Sebastian; Ragwitz, Mario; Held, Anned (2011). Efficiency and effectiveness of promotion systems for electricity generation from renewable energy sources – Lessons from EU countries. *Energy* 36, 2186 – 2193

Hammons, T.J. (2008). Integrating renewable energy sources into European grids. *Electrical Power and Energy Systems* 30, 462 - 475

Harmsen, Robert; Wesselink, Bart; Eichhammer, Wolfgang; Worrell Ernst (2011). The unrecognized contribution of renewable energy to Europe's energy savings target. *Energy Policy* 39, 3425 - 3433

Hiroux, Saguan (2010). Large-scale wind power in European electricity markets: Time for revisiting support schemes and market designs?. *Energy Policy* 38, 3135 - 3145

Jensen y Skytte (2003). Simultaneous attainment of energy goals by means of green certificates and emission permits. *Energy Policy* 31, 63-71

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Kennedy, Scott (2005). Wind power planning: assessing long-term cost and benefits. *Energy Policy* 1661 – 1675

Klessman, Corinna; Nabe, Christian; Burges, Karsten (2008). Pros and cons of exposing renewable to electricity market risks – A comparison of the market integration approaches in Germany, Spain and the UK. *Energy Policy* 36, 3646 - 3661

Linares, P.; Santos, F.J.; Pérez-Arriaga, I.J. (2008). Scenarios for the evolution of the Spanish electricity sector: Is it on the right path towards sustainability?. *Energy Policy* 36 4057 - 4068

Lund P.D. (2009). Effects of energy policies on industry expansion in renewable energy. *Renewable Energy* 34, 53 - 64

Martínez de Alegría Mancisidor, Itziar; Díaz de Basurto Uraga, Pablo; Martínez de Alegría Mancisidor, Iñigo; Ruiz de Arbulo López, Patxi (2009). European Union's renewable energy sources and energy efficiency policy review: The Spanish perspective. *Renewable & Sustainable Energy Reviews* 13, 100 - 114

Meyer, Niels I. (2003). European schemes for promoting renewable in liberalized markets. *Energy Policy* 31, 665 - 676

Midttun, Atle; Gautesen, Kristian (2007). Feed in or certificates, competition or complementarity? Combining a static efficiency and a dynamic innovation perspective on the greening of the energy industry. *Energy Policy* 35, 1419 – 1422.

Muñoz, Miquel; Oschmann Volker; Tabara, J. David (2007). Harmonization of renewable electricity feed-in laws in the European Union. *Energy Policy* 35, 3104 - 3114

Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética (PAAEE) 2011 – 2020. IDAE - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España

Plan de Acción Nacional de Energías Renovables de España (PANER) 2010 -2020 – Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España

Plan de Energías Renovables (PER) 2011 – 2020 (Borrador 26 Julio 2011). IDAE - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España

Plan de Energías Renovables (PER) 2011 – 2020. Impacto económico de las energías renovables en el sistema productivo español. Estudio técnico. IDAE - Ministerio de Industria, Turismo y Comercio de España

Protermosolar - Deloitte (2011). Impacto macroeconómico del sector solar termoléctrico en España

Análisis económico de los ahorros en importación de combustibles fósiles y derechos de emisión de CO₂, derivados de la política pública de subvención mediante primas a la generación de la energía eólica, fotovoltaica y termosolar en España

Ragwitz, Mario; del Río González, Pablo; Resch, Gustav (2009). Assessing the advantages and drawbacks of government trading of guarantees of origin for renewable electricity in Europe. *Energy Policy* 300 - 307

REE (2010) - Informe del Sistema eléctrico español

Ringel, Marc (2006). Fostering the use of renewable energies in the European Union: the race between feed-in tariffs and green certificates. *Renewable Energy* 31, 1 - 17

Rivier Abbad, Juan (2010). Electricity market participation of wind farms: The success story of the Spanish pragmatism. *Energy Policy* 38 3174 - 3179

Sáenz de Miera, Gonzalo; Del Río González, Pablo; Vicaíno, Ignacio (2008) - Analysing the impact of renewable electricity support schemes on power prices: the case of wind electricity in Spain – *Energy Policy* 36 (2008) 3345 – 3359

Saidur, R; Islam, M.R.; Rahim, N.A.; Solangi, K.H. (2010) A review on global wind energy policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14, 1744 - 1762

San Miguel, Guillermo; del Río, Pablo; Hernández, Félix (2010). An update of Spanish renewable energy policy and achievements in a low carbon context. *Journal of renewable and sustainable energy* 2.

Sensfuß, Frank; Ragwitz, Mario; Genoese, Massimo (2008). The merit-order effect: a detailed analysis of the price effect of renewable electricity generation on spot market prices in Germany. *Energy Policy* 36, 3086 – 3094

Snyder Brian; Kaiser, Mark J. (2009). "Ecological and economic cost-benefit analysis of offshore wind energy (2009). *Renewable Energy* 34 1567 - 1578

Söderholm, Patrik (2008). The political economy of international green certificate markets. *Energy Policy* 36, 2051 - 2062

Stenzel, Till; Frenzel, Alexander (2008). Regulating technological change – The strategic reactions of utility companies towards subsidy policies in the German, Spanish and UK electricity markets. *Energy Policy* 36, 2645 - 2657

Thure Traber, Claudia Kemfert (2011). Gone with the wind? – Electricity market prices and incentives to invest in power plants under increasing wind energy supply. *Energy Economics* 33 (2011) 249-256 à ¿Qué año se pone? El de publicación o el de remisión del paper.

Toke, David (2007). Renewable financial support systems and cost-effectiveness. *Journal of Cleaner Production* 15, 280 – 287

Verbruggen, Aviel; Lauber, Volkmar (2009). Basic concepts for designing renewable electricity support aiming at a full-scale transition by 2050. *Energy Policy* 37, 5732 – 5743