

# **PLAN DE ACCIÓN DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA**

**2008-2020**

## **DOCUMENTO ANEXO**

***METODOLOGÍA DE CÁLCULO DE LOS AHORROS  
DERIVADOS DE LOS PLANES DE ACCIÓN DE EFICIENCIA  
ENERGÉTICA 2005-2007 Y 2008-2012. ANÁLISIS DE  
RESULTADOS***



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, TURISMO  
Y COMERCIO

**IDA**E Instituto para la  
Diversificación y  
Ahorro de la Energía



## ÍNDICE

<b>I. RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>6</b>
1. Cálculo de ahorros en 2010. Objetivo y metodología .....	6
2. Resumen de resultados de ahorro energético y emisiones evitadas .....	7
3. Conclusiones obtenidas en los sectores objeto de estudio.....	8
<b>II. SECTOR INDUSTRIA.....</b>	<b>13</b>
1. Resumen de ahorros del sector industria .....	13
2. Perímetros exteriores .....	15
2.1. Metodología de cálculo .....	15
2.2. Variables clave en el sector industria .....	17
2.3. Ahorros totales en el sector industrial .....	18
3. Mejora de la eficiencia energética de equipos industriales.....	22
3.1. Convenios de colaboración entre el IDAE y las CCAA.....	23
3.2. Proyectos estratégicos.....	24
3.3. Ahorros directos en el sector industria.....	24
4. Ahorros obtenidos en el sector industrial a 2010.....	24
<b>III. SECTOR TRANSPORTE .....</b>	<b>26</b>
1. Resumen de ahorros en el sector transporte.....	26
2. Perímetros exteriores .....	30
2.1. Transporte por modo carretera .....	30
2.2. Transporte por modo ferrocarril .....	36
2.3. Transporte por modo marítimo.....	39
2.4. Transporte por modo aéreo.....	41
2.5. Cambio modal.....	42
3. Planes de movilidad urbana sostenible (PMUS) .....	45
3.1. Metodología de cálculo .....	45
3.2. Variables clave en la movilidad urbana .....	45
3.3. Ahorros directos en la movilidad urbana.....	46
4. Mayor participación de medios colectivos en el transporte por carretera.....	46
4.1. Metodología de cálculo .....	46
4.2. Variables clave de los medios colectivos transporte por carretera .....	47
4.3. Ahorros directos de los medios colectivos transporte por carretera.....	47
5. Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano.....	48
5.1. Metodología de cálculo .....	48
5.2. Variables clave del ferrocarril en el transporte interurbano.....	49
5.3. Ahorros directos del ferrocarril en el transporte interurbano .....	50
6. Mayor participación del modo marítimo en transporte de mercancías.....	51

6.1.	Gestión de flotas de transporte por carretera .....	51
6.2.	Metodología de cálculo .....	51
7.	Conducción eficiente de Vehículos privados .....	52
7.1.	Metodología de cálculo .....	52
7.2.	VARIABLES CLAVE DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE DE TURISMOS .....	53
7.3.	Ahorros directos de la conducción eficiente de turismos.....	53
8.	Conducción eficiente de vehículos industriales.....	54
8.1.	Metodología de cálculo .....	54
8.2.	VARIABLES CLAVE DE LA CONDUCCIÓN EFICIENTE DE CAMIONES .....	54
8.3.	Ahorros directos de la conducción eficiente de camiones .....	55
9.	Renovación del parque automovilístico de turismos .....	55
9.1.	Metodología de cálculo .....	56
9.2.	VARIABLES CLAVE DE LA RENOVACIÓN DEL PARQUE DE TURISMOS .....	58
9.3.	Ahorros directos de la renovación del parque de turismos.....	59
10.	Renovación de flotas de transporte por carretera.....	59
10.1.	Metodología de cálculo .....	59
10.2.	VARIABLES CLAVE DE LA RENOVACIÓN FLOTA DE TRANSPORTE POR CARRETERA .....	60
10.3.	Ahorros directos de la renovación flota de transporte por carretera .....	60
11.	Ahorros obtenidos en el sector transporte a 2010 .....	60
11.1.	Efectos indirectos.....	61
11.2.	Doble contabilidad.....	63
<b>IV.</b>	<b>SECTOR EDIFICIOS .....</b>	<b>65</b>
1.	Resumen de ahorros del sector edificios .....	65
2.	Perímetros exteriores .....	70
2.1.	Envoltante e instalaciones térmicas.....	70
2.2.	Iluminación interior .....	76
2.3.	Equipamiento .....	79
3.	Rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas .....	84
3.1.	Metodología de cálculo .....	84
3.2.	VARIABLES CLAVE EN LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA Y MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	85
3.3.	Plan Renove de envolvente .....	86
3.4.	Plan Renove de instalaciones térmicas.....	87
3.5.	Código Técnico de la Edificación.....	87
3.6.	Proyectos estratégicos.....	90
4.	Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes.....	93
4.1.	Metodología de cálculo .....	93

4.2.	Variables clave en la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior .....	93
4.3.	Programa de reparto de lámparas de bajo consumo .....	94
4.4.	Programa de reparto 2x1 de lámparas de bajo consumo .....	95
4.5.	Mejora de eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior ...	95
5.	Renovación de electrodomésticos .....	98
5.1.	Metodología de cálculo .....	98
5.2.	Variables clave en la renovación de electrodomésticos .....	99
5.3.	Plan Renove de electrodomésticos .....	102
5.4.	Ahorros directos en equipamiento .....	104
6.	Ahorros obtenidos en el sector edificios a 2010 .....	105
6.1.	Efectos indirectos y no cuantificables.....	106
6.2.	Doble contabilidad .....	108
<b>V.</b>	<b>SECTOR SERVICIOS PÚBLICOS .....</b>	<b>109</b>
1.	Resumen de ahorros del sector servicios públicos .....	109
2.	Perímetros exteriores .....	112
2.1.	Alumbrado exterior .....	113
2.2.	Ciclo del agua.....	115
3.	Mejora de la eficiencia de las instalaciones de alumbrado exterior existentes 119	
3.1.	Renovación de las instalaciones de alumbrado público existentes.....	119
3.2.	Programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED .....	119
3.3.	Ahorros directos en alumbrado exterior .....	120
4.	Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el ciclo del agua .....	121
4.1.	Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación .....	121
4.2.	Proyectos estratégicos.....	122
4.3.	Ahorros directos en el ciclo del agua.....	122
5.	Ahorros obtenidos en el sector servicios públicos a 2010 .....	123
5.1.	Efectos indirectos .....	123
<b>VI.</b>	<b>SECTOR AGRICULTURA Y PESCA .....</b>	<b>125</b>
1.	Resumen de ahorros del sector agricultura y pesca.....	125
2.	Perímetros exteriores para agricultura y pesca .....	126
2.1.	Metodología de cálculo .....	126
2.2.	Variables clave en el sector agricultura y pesca.....	127
2.3.	Ahorros totales del sector agricultura y pesca .....	127
3.	Migración de sistemas de riego por aspersión a sistemas de riego localizado	129
3.1.	Metodología de cálculo .....	129
3.2.	Variables clave en el cálculo de ahorros energéticos en regadío .....	129
3.3.	Ahorros directos en regadío.....	130

4.	Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero.....	131
4.1.	Metodología de cálculo .....	131
4.2.	Variables clave en el cálculo de los ahorros energéticos en pesca .....	132
4.3.	Ahorros directos en la flota pesquera .....	132
5.	Plan Renove de tractores y mejora de la eficiencia energética en las explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos.....	133
5.1.	Metodología de cálculo .....	134
5.2.	Variables clave en el cálculo de los ahorros energéticos de explotaciones	134
5.3.	Ahorros directos en las explotaciones en el periodo .....	135
6.	Ahorros obtenidos en el sector agricultura y pesca a 2010 .....	137
6.1.	Efectos indirectos .....	137
6.2.	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura.....	137
6.3.	Pesca y acuicultura .....	138
6.4.	Doble contabilidad .....	138
<b>VII.</b>	<b>SECTOR TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA .....</b>	<b>139</b>
1.	Resumen de ahorros .....	139
1.	Generación eléctrica .....	140
1.1.	Metodología .....	140
1.2.	Variables clave para el cálculo de ahorros .....	141
1.3.	Ahorros obtenidos .....	142
2.	Refino de petróleo .....	142
2.1.	Metodología .....	142
2.2.	Variables clave para el cálculo de ahorros .....	143
2.3.	Ahorros obtenidos en el refino de petróleo .....	143
3.	Fomento de la cogeneración .....	144
3.1.	Metodología .....	144
3.2.	Variables clave para el cálculo de los ahorros en cogeneración.....	144
3.3.	Ahorros obtenidos en cogeneración.....	145

# I. RESUMEN EJECUTIVO

## 1. Cálculo de ahorros en 2010. Objetivo y metodología

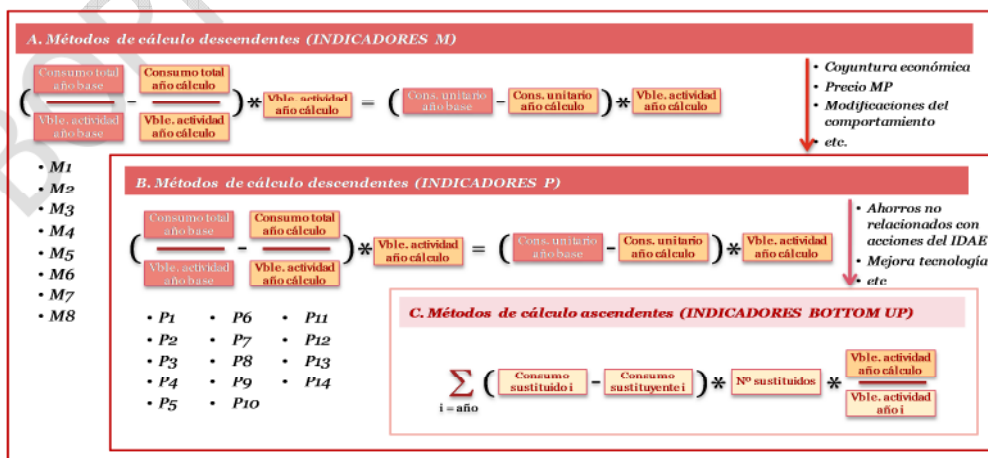
La Directiva 2006/32/CE del Parlamento europeo y del Consejo, de 5 de abril de 2006, sobre la eficiencia del uso final de la energía y los servicios energéticos establece en su Artículo 14 que los estados miembros presentarán un segundo Plan de Acción de Eficiencia Energética el 30 de junio de 2011 para el periodo 2008 - 2020. Dicho Plan de Acción deberá incluir un análisis y una evaluación del PAEE anterior así como los resultados sobre los objetivos de ahorro energético establecidos en el Artículo 4 para el tercer año de aplicación de la Directiva.

Este Anexo recoge la cuantificación de los ahorros obtenidos en el año 2010 respecto a los años 2004 y 2007 de acuerdo con las recomendaciones metodológicas de la Comisión Europea que se describen en “Recommendations on measurement and verification methods in the framework of directive 2006/32/EC on energy end-use efficiency and energy services”.

El cálculo de los ahorros para el año 2010 tomando como referencia el 2007 permite comparar con los objetivos de ahorro propuestos para los años 2016 y 2020. Adicionalmente, los ahorros en el año 2010 con base 2004 permiten evaluar los ahorros derivados del Plan de Acción 2005-2007, aprobado en el marco de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética en España 2004-2012 (E4) como primer plan de acción, aun cuando, a los efectos de la Directiva 2006/32/CE, el primer plan de acción nacional de ahorro y eficiencia energética es el Plan de Acción 2008-2012.

La metodología empleada es el resultado de la combinación coherente de los enfoques top-down o descendente y bottom-up o ascendente. Este doble enfoque permite explicar a través de diferencias entre los perímetros fijados por los indicadores, los efectos indirectos o no directamente cuantificables, tal y como muestra la Figura 1. Dicho análisis es posible ya que todos los ahorros se han calculado a 2010 respecto a la misma base temporal (2004 ó 2007) y que las variables de actividad de los indicadores presentan distintas sensibilidades a variaciones coyunturales o estructurales en cada uno de los sectores.

Figura 1. Esquema de la metodología de cálculo de ahorro energético, donde se combinan coherentemente indicadores top-down y bottom-up



Los cálculos realizados a través de los indicadores top-down o descendentes delimitan el total de los ahorros obtenidos, ya sea como resultado de las medidas de ahorro y eficiencia energética puestas en marcha, como resultado indirecto de las

mismas o como resultado del progreso tecnológico autónomo o de otras variables. Los indicadores ascendentes o *bottom-up* permiten, complementariamente, identificar los ahorros atribuibles a cada una de las medidas individualmente consideradas dentro de los planes de acción.

Los ahorros se han determinado en todos los casos como resultado del producto entre los ahorros unitarios del 2010 con respecto al año de referencia (2007 ó 2004) y la variable de actividad de que se trate en cada caso. Los indicadores descendentes empleados han sido bien los P (preferidos por la Comisión Europea), o los M (mínimos) cuando no se dispone de información estadística de calidad sobre las variables de actividad que forman parte de los inicialmente propuestos como indicadores P. Los detalles de cálculo de cada uno de los sectores se describen en los distintos capítulos de este Anexo.

Una vez calculada la totalidad de los ahorros se han asignado a cada sector, medida y mecanismo, teniendo especial cuidado a la hora de agruparlos ó adicionarlos para calcular ahorros globales evitando dobles contabilidades.

## 2. Resumen de resultados de ahorro energético y emisiones evitadas

En la Tabla 1 se presentan los ahorros de energía final y primaria, así como el volumen de emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas en 2010, tomando como años de referencia 2004 y 2007. Estos ahorros no deben confundirse con el ahorro acumulado en el periodo, si no los ahorros en 2010 debidos a la mejora de la eficiencia energética respecto a la situación del año base (2004 ó 2007).

Tabla 1. Resultados de ahorro de energía final y primaria así como las emisiones de CO<sub>2</sub> evitadas en todos los sectores a 2010 en base 2004 y 2007

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO <sub>2</sub> [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04/10	07/10	04/10	07/10	04/10	07/10
<b>TOTAL AHORROS</b>	<b>8.478,2</b>	<b>4.719,9</b>	<b>17.878,6</b>	<b>11.047,2</b>	<b>77.092,1</b>	<b>65.252,6</b>
SECTOR EDIFICIOS Y EQUIPAMIENTO	2.232,5	2.592,1	3.165,0	4.189,1	6.982,8	9.269,0
SECTOR SERVICIOS PÚBLICOS	31,8	28,6	79,6	67,4	161,0	144,3
SECTOR TRANSPORTE	6.586,9	4.561,1	7.027,3	4.909,2	21.906,9	13.330,1
SECTOR INDUSTRIA	-798,6	-2.865,6	-2.695,7	-5.717,4	-5.281,8	-12.416,8
SECTOR AGRICULTURA Y PESCA	425,5	466,7	535,5	580,4	1.526,3	1.673,2
SECTOR TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA	-	-	9.766,9	7.018,5	51.796,9	53.252,8

Cabe recordar que estos resultados no muestran el total de ahorro de energía final si no aquél que se estima consecuencia de una mejora de la eficiencia, como es el caso de una evolución tecnológica o el resultado de actuaciones por parte de la Administración. Por tanto se ha minimizado la cuantificación de aquellos ahorros fruto de la coyuntura económica actual.

El ahorro total obtenido en 2010 respecto a 2004 ha sido de 8.478,2 ktep y 4.719,9 ktep respecto a 2007. Estos resultados muestran sobre el consumo de energía final del año de cálculo (93.423 ktep) un 8,3% y un 4,8% de ahorro energético respectivamente.

Los principales ahorros en términos de energía final son los siguientes:

- Los principales ahorros en el consumo final han sido obtenidos en el sector transporte, de 6.586,9 ktep en base 2004 y 4.561,1 ktep en base 2007.

- El sector edificios -que engloba los usos energéticos de envolvente e instalaciones térmicas, iluminación interior y equipamiento- ha logrado en 2010 aportar al ahorro total de 2.232,5 ktep con base 2004 y 2.592,1 ktep con base 2007.
- Respecto al sector industrial, en el año 2010 su contribución ha resultado negativa con respecto a ambos años base. Con respecto 2004 se han obtenido ahorros negativos de valor -798,6 ktep sobre el consumo final, y respecto a 2007 se obtienen -2.865,6 ktep.
- El sector agricultura y pesca ha aumentado su aportación desde los 425,5 ktep en el periodo 2004-2010 hasta los 466,7 ktep en el periodo 2007-2010.
- El sector con un menor impacto sobre el total de energía ahorrada ha resultado servicios públicos -que incluye los usos de alumbrado exterior y del ciclo del agua- contribuyendo con 31,8 ktep respecto al año 2004 y 28,6 ktep respecto a 2007.

### **3. Conclusiones obtenidas en los sectores objeto de estudio**

Particularmente cabe destacar para cada sector objeto de estudio las siguientes consideraciones así como el esfuerzo económico realizado desde la Administración:

#### ***Edificios***

De los ahorros energéticos obtenidos en los periodos de análisis aproximadamente dos terceras partes derivan de mejoras de la envolvente de los edificios y sus instalaciones térmicas. El resto se debe a la instalación de iluminación interior más eficiente ya que en el ámbito del equipamiento no se han producido ahorros por la mayor penetración de los equipos y unos mayores requerimientos energéticos.

El sector ha obtenido importantes resultados logrados a través de las medidas propuestas en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética del IDAE (PAE4+), apoyados por actuaciones normativas que han estimulado la eficiencia energética en la edificación.

Las cuatro medidas del PAE4+ asociadas al sector y articuladas en un convenio de colaboración entre IDAE y las CCAA han impulsado la rehabilitación de la envolvente térmica, la mejora de las instalaciones térmicas, la mejora de las instalaciones de iluminación y la renovación de electrodomésticos. Los Planes de Activación de ahorro y eficiencia energética (Programa 2x1 y Programa de reparto gratuito de bombillas de alta eficiencia), así como el programa de proyectos estratégicos y los programas de comunicación y difusión han contribuido igualmente a impulsar la eficiencia energética en el sector edificios.

Estas medidas se han visto potenciadas por los esfuerzos a nivel normativo y en particular por la publicación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006), que supuso un impulso a la mejora de la eficiencia en el ámbito de la envolvente y sistemas térmicos. Así mismo cabe destacar el nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificación (RD 1027/2007) que obliga a la revisión periódica de la eficiencia energética de estas instalaciones, y a la obligación de la certificación energética de edificios propuesta por el RD 47/2007.



**Tabla 2. Ayuda gestionada por el IDAE en las medidas relacionadas con la edificación en el periodo 2006-2010**

	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Rehabilitación energética de la envolvente térmica de los edificios existentes [k€]	15.330	8.245	23.968	27.381	36.577	IDAE
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes[k€]	13.523	12.869	41.512	38.820	38.803	IDAE
Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior en los edificios existentes [k€]	1.782	1.860	4.058	7.421	7.400	IDAE
Plan Renove de electrodomésticos [k€]	55.231	51.280	61.100	59.395	55.333	IDAE
Reparto de lámparas de bajo consumo [k€]	-	-	-	27.848	13.693	IDAE
2x1 de lámparas de bajo consumo [k€]	-	-	3.130	-	-	IDAE
Proyectos estratégicos [k€]	-	-	25.158	32.553	38.835	IDAE

### **Servicios públicos**

El sector de servicios públicos ha alcanzado ahorros positivos correspondiendo -en el periodo 2004-2010- fundamentalmente a la mejora de la eficiencia en el uso del ciclo del agua, más concretamente en el proceso de desalación. Sin embargo en el segundo periodo de análisis (2007-2010) el ahorro obtenido por el alumbrado público se incrementa de manera sustancial.

El uso de alumbrado público ha visto cómo su demanda se ha incrementado de manera considerable debido a la construcción de nuevas viviendas durante los últimos años. Con la implantación del Reglamento de eficiencia energética e instalaciones de alumbrado exterior a través del R.D. 1890/2008, se ha impulsado de manera considerable la eficiencia en este sector, lo que ha permitido la obtención de ahorros.

El Plan de Ahorro y Eficiencia Energética del IDAE (PAE4+) ha estimulado la eficiencia energética en el sector de los servicios públicos a través de distintas medidas. Las iniciativas puestas en marcha se han articulado principalmente en un convenio de colaboración entre IDAE y las CCAA que han impulsado la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado exterior así como de las instalaciones actuales de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación. Los ahorros obtenidos por estas actuaciones han venido determinadas fundamentalmente por la iniciativa “Renovación de instalaciones de alumbrado exterior” y por el “Programa de sustitución de semáforos”.

**Tabla 3. Ayuda gestionada por el IDAE en las medidas relacionadas con los servicios públicos en el periodo 2004-2010**

	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Renovación insta. Alumbrado exterior [k€]	17.185,3	17.892,7	26.320,8	28.900,6	25.622,8	IDAE
Mejora del ahorro y la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación l ciclo del agua [k€]	2.718,6	2.158,8	1.920,0	2.426,0	1.571,7	IDAE
Programa sustitución semáforos [k€]				31.794,0		IDAE
Proyectos estratégicos [k€]					355,9	IDAE

## Transporte

Los ahorros obtenidos en este sector muestran desempeños variados en función de los distintos modos de transporte: carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo. De forma general en todos los modos se observa una tendencia decreciente en el consumo y tráfico totales en los últimos años del período analizado debido a la coyuntura económica. Este efecto se acusa especialmente en el transporte de mercancías, donde la fuerte disminución de la actividad industrial motiva la caída del consumo y del tráfico en camiones y vehículos ligeros, mientras el parque permanece constante.

La mayoría del ahorro obtenido se concentra en el modo de carretera y básicamente en el transporte de mercancías.

El transporte ferroviario obtiene ahorros negativos en ambos periodos de análisis, que se producen como resultado de los menores tráfico de mercancías derivados de la crisis económica y de la consiguiente reducción de los factores de carga. Los consumos energéticos se mantienen, pero disminuyen los niveles de ocupación.

Por su parte los ahorros negativos contabilizados en el sector aéreo son debidos a que el incremento en términos relativos del consumo de energía ha sido superior a las operaciones de navegación aérea durante el período analizado.

Las medidas del PAE4+ asociadas al sector y articuladas en un convenio de colaboración entre IDAE y las CCAA han impulsado la renovación del parque de vehículos, la conducción eficiente y el cambio modal a medios de transporte más eficientes. El apoyo a los Planes de Movilidad Sostenible, así como el programa de proyectos estratégicos y los programas de comunicación y difusión han contribuido igualmente a impulsar la eficiencia energética en el transporte.

Estas medidas junto a otras -como los distintos planes de sustitución de vehículos (PREVER, VIVE y 2000E)- se han visto potenciadas por otros esfuerzos a nivel normativo como por ejemplo el reglamento 443/2009/EC por el que se establecen limitaciones en materia de emisiones CO<sub>2</sub> de turismos nuevos.

Tabla 4. Ayuda gestionada por el IDAE en las medidas relacionadas con el sector transporte en el periodo 2004-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS)	7.347	8.863	16.389	11.098	8.824	IDAE
Gestión de flotas de transporte por carretera	200	597	1.580	1.847	2.355	IDAE
Conducción eficiente de turismos	1.025	2.172	3.368	4.117	3.324	IDAE
Conducción eficiente de vehículos industriales	1.206	2.215	2.594	3.465	2.919	IDAE
Renovación del parque automovilístico de turismos	259	1.133	4.120	4.614	4.809	IDAE
Renovación de flotas de transporte por carretera	1.924	1.695	1.575	1.582	1.605	IDAE
Planes de transporte para empresas	835	739	659	453	138	IDAE
Mayor participación medios colectivos transp por carretera	4.321	1.539	1.972	1.148	367	IDAE
Gestión de infraestructuras de transporte		19		38		IDAE
Proyectos estratégicos			4.222	10.917	10.527	IDAE

## **Industria**

El sector industrial ha conseguido ahorros de energía final únicamente en el primer periodo de análisis 2004-2010 debido fundamentalmente a la evolución, sobre la estructura de consumo del sector, de cada una de las ramas de actividad.

Sin embargo durante los últimos años mientras aquellas industrias con ratios de intensidad energética menores (madera, corcho y muebles, textil, cuero y calzado, equipos eléctrico, electrónico y óptico y equipos de transporte), así como metalurgia y fabricación de productos metálicos, y minerales no metálicos han reducido su peso sobre el total del sector, otras más intensivas han incrementado su consumo relativo (papel, química, minerales no metálicos y el resto de industria manufacturera).

Adicionalmente se han observado ahorros negativos debidos en parte a la caída de los ratios de producción de algunas ramas, afectando negativamente a la eficiencia energética de determinados procesos industriales. Tomando como referencia el valor añadido bruto (VAB) tanto del sector como de cada una de las ramas de actividad se puede apreciar una caída generalizada hasta 2009 paralela a la coyuntura económica actual.

Cabe destacar el esfuerzo realizado para paliar dichos resultados mediante actuaciones destinadas a la mejora de la eficiencia de los equipos industrial. La Administración ha desarrollado y financiado las medidas propuestas en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAE4+), articuladas a través de los convenios de colaboración entre IDAE y las CCAA así como de los proyectos estratégicos.

*Tabla 5. Ayuda gestionada por el IDAE en las medidas relacionadas con el sector industrial en el periodo 2004-2010*

	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Programa de ayudas públicas [k€]	24.633	27.119	26.059	26.853	25.149	IDAE
Auditorías energéticas y otros estudios [k€]	1.888	1.610	2.556	2.385	1.981	IDAE
Formación y divulgación [k€]	1.806	110	114	114	1.327	IDAE
Proyectos estratégicos [k€]	-	-	15.100	65.700	68.800	IDAE

## **Agricultura y Pesca**

Según los indicadores estudiados, en el sector agricultura y pesca, se han producido ahorros en energía final en el periodo de estudio, debido fundamentalmente a una caída de la producción y una mejora tecnológica.

En el subsector de agricultura, se han generado ahorros positivos producidos por mejoras energéticas en la maquinaria agrícola y al cambio de sistemas de regadío. Sin embargo, el incremento en el grado de acondicionamiento mediante equipos de climatización de las explotaciones ganaderas y de los invernaderos ha provocado que la intensidad energética se haya incrementado y por lo tanto se hayan generado desahorros particularmente en dicho uso.

Los ahorros obtenidos en el subsector de pesca y acuicultura, corresponden a actuaciones directas desarrolladas por la Administración para reducir el consumo energético en los diferentes tipos de embarcaciones, a la caída de actividad económica y a una evolución tecnológica natural de la flota pesquera.

Tabla 6. Ayuda gestionada por el IDAE en la mejora de los sistemas de regadío en el periodo 2004-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Impulso migración aspersión-gravedad a localizado [k€]	-	2.800	946	1.391	1.749	IDAE

### Transformación de la energía

Se han analizado los resultados de eficiencia en el sector transformador de energía primaria, esto es, generación eléctrica, procesos de refino de petróleo y cogeneración.

En el año 2010, de un consumo total en España de energía primaria de 131.927 ktep, 62.358 ktep (un 47%) fue petróleo, mayoritariamente procesado en las refinerías españolas, y 49.249 ktep (un 37%) fueron consumidos para la producción eléctrica nacional. Estas magnitudes ponen de manifiesto la importancia estratégica de la eficiencia energética en el sector transformación de la energía.

En el período estudiado, la práctica totalidad de los ahorros son debidos a la mejora del rendimiento global del parque de generación eléctrica, incluyendo mejoras de autoconsumos. Esto es debido principalmente a la alta penetración de energías renovables y de ciclos combinados de gas natural que ha experimentado nuestro mix de generación eléctrica.

La cogeneración obtiene ahorros de energía primaria derivados de la alta eficiencia en la producción simultánea de calor y electricidad respecto a la producción separada de estos flujos energéticos.

Por su parte el sector refino presenta ahorros mayoritariamente debido a la disminución de las pérdidas en el proceso de producción.

Tabla 7. Ayuda gestionada por el IDAE en las medidas relacionadas con el sector transformación de la energía en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Fomento cogeneración actividades no industriales	426	629	496	952	866	IDAE
Estudios de viabilidad para cogeneraciones	444	348	416	281	316	IDAE
Auditorías energéticas en cogeneración	177	274	186	90	156	IDAE
Fomento cogeneración de pequeña potencia		132	130	102	178	IDAE
Fomento cogeneración actividades industriales	1.420	3.044	2.257			IDAE
Proyectos estratégicos				80		IDAE

## II. SECTOR INDUSTRIA

### 1. Resumen de ahorros del sector industria

#### INDUSTRIA

Los ahorros energéticos obtenidos en el sector industria durante el período 2004-2010 se deben fundamentalmente a la evolución de la estructura del sector, que ha visto cómo ramas de actividad más intensivas en energía han perdido peso frente a industrias menos intensivas, y a la mejora tecnológica producida tanto en sus procesos como en sus equipos. En consumo de energía final de este sector en 2010 fue de 28.209,4 ktep, un 28% del total nacional.

#### Esquema de ahorros

El ahorro relativo al sector industrial, se ha estructurado según su origen tecnológico o estructural:

<b>Industria</b>		<b>[L] = -798,6 ktep</b> 2010(Base 2004)	
Mejora estructura de consumo [LE] = 1.655,5 ktep 2010(Base 2004)	Mejora tecnológica [LT] = -2.454,1 ktep 2010(Base 2004)		
	Convenios de colaboración [BUin <sub>1</sub> ] = 1.068,6 ktep 2010(B 2004)	Proyectos estratégicos [BUin <sub>2</sub> ] = 0,1 ktep 2010(B 2004)	→

#### Consumos del sector

	Energía final	Energía primaria	Emisiones CO <sub>2</sub>
	2010 [ktep]	2010 [ktep]	2010 [ktCO <sub>2</sub> ]
<b>TOTAL CONSUMOS SECTOR INDUSTRIA</b>	28.209,4	45.099,5	97.327,3
Madera, corcho y muebles	705,0	858,1	1953,4
Alimentación, bebidas y tabaco	2352,2	4033,9	8602,2
Textil, cuero y calzado	597,3	984,9	2114,2
Pasta, papel e impresión	2534,5	3480,0	7726,0
Química	4943,7	9584,9	20050,0
Minerales no metálicos	6093,1	6939,4	16033,4
Metalurgia y productos metálicos	5944,2	8096,1	18003,1
Maquinaria y equipo mecánico	320,9	706,2	1451,1
Equipos de transporte	851,7	1350,7	2919,0
Equipo eléctrico, electrónico y óptico	345,1	809,1	1649,0
Resto industria manufacturera	3521,7	8256,2	16825,9

#### Resultado de ahorros obtenidos

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO <sub>2</sub> [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04-10	07-10	04-10	07-10	04-10	07-10
<b>TOTAL AHORROS SECTOR</b>	-798,6	-2.865,6	-2.695,7	-5.717,4	-5.281,8	-12.416,8
Madera, corcho y muebles	86,8	-120,9	105,7	-145,4	240,5	-334,9
Alimentación, bebidas y tabaco	436,7	-194,0	748,9	-319,9	1.597,0	-708,2
Textil, cuero y calzado	319,8	40,8	527,4	64,8	1.132,1	144,1
Pasta, papel e impresión	-407,1	-428,5	-559,0	-575,1	-1.240,9	-1.305,0
Química	-1.071,1	-41,7	-2.076,6	-77,1	-4.343,8	-168,7
Minerales no metálicos	-212,6	325,2	-242,1	368,1	-559,5	855,4
Metalurgia y productos metálicos	1.283,1	-281,4	1.747,6	-374,9	3.886,0	-851,6
Maquinaria y equipo mecánico	12,8	-21,3	28,3	-44,5	58,1	-96,3
Equipos de transporte	69,1	-196,3	109,5	-301,0	236,7	-671,9
Equipo eléctrico, electrónico y óptico	-5,4	-40,9	-12,6	-90,5	-25,6	-194,7
Resto industria manufacturera	-1.310,8	-1.906,5	-3.072,9	-4.221,8	-6.262,4	-9.085,1

## Conclusiones

El sector industrial ha conseguido unos ahorros globales de energía final negativos de -798,6 ktep en el periodo 2004-2010. Dichos desahorros han sido moderados fundamentalmente gracias a la evolución en la estructura propia del sector, atribuyéndose a este motivo 1.655,6 ktep. Por otro lado, se observan valores de ahorros negativos de -2.454,1 ktep, debidos a que la caída de los ratios de producción de algunas ramas ha afectado negativamente a la eficiencia energética de algunos procesos industriales.

En relación a la estructura del sector, cabe destacar que mientras aquellas industrias con ratios de intensidad energética menores (Madera, Corcho y Muebles, , Textil, Cuero y Calzado, Equipo Eléctrico, Electrónico y Óptico y Equipos de transporte) así como Metalurgia y Fabricación de Productos Metálicos y Minerales No Metálicos han reducido su peso sobre el total del sector, otras más intensivas han incrementado su valor añadido (Pasta, Papel y Cartón, Industria Química) así como el Resto de Industria y Alimentación, Bebidas y Tabaco.

Como variable de actividad principal se ha tomado como referencia el valor añadido bruto (VAB) tanto del sector como de cada una de las ramas de actividad, cuya caída generalizada hasta 2009 ha sido paralela a la coyuntura económica actual.

Parte de estos ahorros globales se han obtenido gracias a la mejora de la eficiencia de los equipos (1.068,7 ktep) como consecuencia de las medidas propuestas en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética (PAE4+), articuladas a través de los convenios de colaboración entre IDAE y las CCAA (1.068,6 ktep) así como de los proyectos estratégicos (0,13 ktep).

BORRADOR 02.06.2011

## 2. Perímetros exteriores

El sector industria ha disminuido porcentualmente su peso en el consumo de energía final desde el 36% en 2004 al 28% en 2010, logrando ahorros en el consumo de energía gracias a un cambio en la estructura de consumo que ha favorecido sectores económicos menos intensivos en energía.

El esquema de ahorros energéticos en industria se presenta en la Figura 2, donde se muestran los valores alcanzados en 2010 con base 2004 y donde es posible observar los principales perímetros. Los desahorros globales del sector son de -798,6 ktep, de los cuales 1.655,6 ktep son atribuibles al cambio en la estructura del sector y ahorros negativos de -2.454,1 ktep son atribuibles a una pérdida de eficiencia provocada por una caída de la producción en algunas ramas industriales.

Figura 2. Esquema de ahorro energético en el sector industrial en 2010 y base 2004

<b>Industria</b>		<b>[L] = -798,6 ktep</b> 2010(Base 2004)	
Mejora estructura de consumo <b>[LE] = 1.655,5 ktep</b> 2010(Base 2004)	Mejora tecnológica <b>[LT] = -2.454,1 ktep</b> 2010(Base 2004)		
	Convenios de colaboración [BUin <sub>1</sub> ] = <b>1.068,6 ktep</b> 2010(B 2004)	Proyectos estratégicos [BUin <sub>2</sub> ] = <b>0,1 ktep</b> 2010(B 2004)	→

La clasificación de las diferentes ramas de actividad utilizada en el presente análisis es la siguiente:

1. Madera, corcho y muebles
2. Alimentación, bebidas y tabaco
3. Textil, cuero y calzado
4. Pasta, papel e impresión
5. Química
6. Minerales no metálicos
7. Metalurgia y productos metálicos
8. Maquinaria y equipo mecánico
9. Equipos de transporte
10. Equipo eléctricos, electrónicos y ópticos
11. Resto industria manufacturera, entre las que se encuentran: Transformación del Caucho y Materias plásticas, Extractivas no Energéticas, Construcción, Reciclaje, Otras industrias manufactureras.

En cuanto a los ratios de actividad del sector, el Índice de Producción Industrial (IPI) presenta un incremento en el periodo para alguna de las ramas (2 y 5) frente al resto que muestran descensos del nivel de actividad, tal y como se indica en los siguientes apartados. Ello tiene implicaciones directas sobre el nivel de consumo energético.

### 2.1. Metodología de cálculo

Para determinar el ahorro total sobre el consumo final del sector Industria así como de sus diferentes ramas de actividad, se han utilizado indicadores basados en la fórmula del *Método Paramétrico Divisia 1*. Éste se calcula como suma de los parciales obtenidos mediante dos sub-indicadores que miden la evolución tecnológica y estructural tanto del sector como de las diferentes ramas de actividad.

### **Efecto tecnológico por rama de actividad**

$$LT_{R2010} = C_{R2004} + R \cdot (C_{R2010} - C_{R2004}) \cdot Ln \left( \frac{C_{R2010}/VAB_{R2010}}{C_{R2004}/VAB_{R2004}} \right)$$

donde:

- $C_{Ri}$ : Consumo de energía final energética de la rama en el año i
- $R$ : Residuo
- $VAB_i$ : Valor agregado bruto de la rama en el año i

### **Efecto estructura por rama de actividad**

$$LE_{R2010} = C_{R2004} + R \cdot (C_{R2010} - C_{R2004}) \cdot Ln \left( \frac{VAB_{R2010}/VAB_{I2010}}{VAB_{R2004}/VAB_{I2004}} \right)$$

donde:

- $C_{Ri}$ : Consumo de energía final energética de la rama en el año i
- $R$ : Residuo
- $VAB_{Ri}$ : Valor agregado bruto de la rama en el año i
- $VAB_{Ii}$ : Valor agregado bruto del sector industrial en el año i

Para el cálculo del factor R se toma la siguiente expresión:

$$R = \frac{1}{Ln \left( \frac{C_{R2010}}{C_{R2004}} \right)} - \left( \frac{C_{R2004}}{C_{R2004} - C_{R2010}} \right)$$

donde:

- $C_{Ri}$ : Consumo de energía final energética de la rama en el año i

Por consiguiente el ahorro particular obtenido por cada rama de actividad en el periodo 2004-2010 es la suma de los efectos particulares de tecnología y estructura en el año 2010.

### **Ahorros totales por rama de actividad**

$$L_R = LT_R + LE_R$$

donde:

- $LT_R$ : Resultado del indicador tecnológico de PDM1 para la rama de actividad R en el periodo 2004-2010
- $LE_R$ : Resultado del indicador estructura de PDM1 para la rama de actividad R en el periodo 2004-2010

Para el cálculo de los ahorros totales alcanzados en el año 2010 por el sector industrial en su conjunto se pueden sumar los ahorros parciales obtenidos para cada rama de actividad gracias a la propiedad de adición de la fórmula del Método Paramétrico Divisia 1:

### **Ahorros totales del sector industria**

$$L_I = \sum L_R = \sum (LT_R + LE_R)$$

donde:

- $L_R$ : Resultado del indicador de PDM1 para la rama de actividad R en el periodo 2004-2010



## 2.2. Variables clave en el sector industria

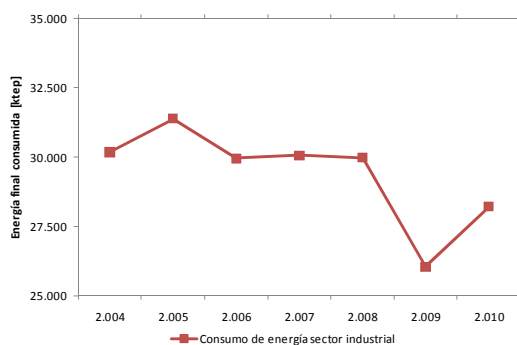
En la Tabla 8 se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en el sector industria y en las respectivas ramas de actividad.

**Tabla 8.** Evolución del consumo de energía final energética utilizado en el cálculo de ahorros en el sector industrial y sus ramas de actividad en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
<b>Consumo energía [ktep]</b>	<b>30.174,8</b>	<b>30.055,5</b>	<b>29.971,1</b>	<b>26.040,2</b>	<b>28.209,4</b>	<b>IDAE</b>
Madera, corcho y muebles	866,2	697,9	751,1	706,5	705,0	IDAE
Alimentación, bebidas y tabaco	3.044,0	2.556,5	2.428,1	2.184,6	2.352,2	IDAE
Textil, cuero y calzado	991,0	746,7	593,6	524,9	597,3	IDAE
Pasta, papel e impresión	2.360,0	2.516,0	2.500,5	2.290,4	2.534,5	IDAE
Química	4.312,0	5.770,1	5.201,2	4.381,3	4.943,7	IDAE
Minerales no metálicos	6.477,9	7.519,3	6.959,6	5.900,5	6.093,1	IDAE
Metalurgia y prod. metálicos	7.880,2	6.687,0	6.437,0	5.615,3	5.944,2	IDAE
Maquinaria y equipo mecánico	366,3	354,3	362,9	318,3	320,9	IDAE
Equipos de transporte	1.009,0	788,4	860,1	751,0	851,7	IDAE
Equipo eléc., electr. y óptico	373,9	361,7	370,4	325,0	345,1	IDAE
Resto industria manufacturera	2.494,2	2.057,6	3.506,6	3.042,4	3.521,7	IDAE

El consumo energético en el sector industrial presenta -como puede observarse en la Figura 3- una evolución decreciente entre 2004 y 2010 (-6,5%) debido fundamentalmente a la actual situación económica. Las ramas de actividad que más se han visto afectadas por la coyuntura han sido las de textil, cuero y calzado, que han visto caídas de consumo en el periodo de un -39,7%; metalurgia y productos metálicos con caídas del -24,6%; y alimentación, bebidas y tabaco, con caídas de un -22,7%.

**Figura 3.** Evolución del consumo de energía final energética en el sector industria en el periodo 2004-2010



El Valor Añadido Bruto del sector industrial ha mantenido una tendencia ascendente del 7% entre el 2004 y el 2007 y una caída del -15% a partir de ese momento hasta el

2010 (Tabla 9). En el conjunto del periodo 2004-2010, la caída fue de un -9,1%. Las ramas de actividad que más se han visto afectadas por la coyuntura económica en términos de VAB han sido las de madera, corcho y muebles (-36,6 %), textil, cuero y calzado (-34,2%), minerales no metálicos (-33,4 %) y equipos de transporte (-22,4%).

**Tabla 9.** Evolución del valor agregado bruto utilizado en el cálculo de ahorros en el sector industrial y sus ramas de actividad en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
<b>Valor Agregado Bruto [M€00]</b>	<b>170.192,6</b>	<b>182.037,9</b>	<b>177.994,7</b>	<b>158.428,7</b>	<b>154.756,1</b>	<b>IDAE</b>
Madera, corcho y muebles	5.962,4	5.881,2	5.461,2	4.118,7	3.782,5	IDAE
Alimentación, bebidas y tabaco	14.249,2	15.247,3	15.084,2	15.000,7	15.315,4	IDAE
Textil, cuero y calzado	6.401,0	5.603,1	5.481,8	4.439,7	4.213,5	IDAE
Pasta, papel e impresión	10.116,4	10.618,7	10.121,0	9.393,9	9.211,1	IDAE
Química	10.362,1	10.752,6	10.640,8	10.646,9	11.554,7	IDAE
Minerales no metálicos	8.948,3	9.355,7	8.836,4	6.689,2	5.959,6	IDAE
Metalurgia y prod. metálicos	17.786,3	19.024,6	18.252,7	14.574,2	14.841,1	IDAE
Maquinaria y equipo mecánico	8.268,5	8.554,8	8.673,9	7.408,0	7.735,5	IDAE
Equipos de transporte	12.302,7	13.160,0	12.255,7	9.620,3	9.552,8	IDAE
Equipo eléc., electr. y óptico	6.897,8	7.353,3	7.265,4	5.854,0	6.041,1	IDAE
Resto industria manufacturera	68.897,8	76.486,4	75.921,5	70.683,0	66.548,9	IDAE

**Figura 4.** Evolución del Valor Agregado Bruto del sector industrial en el periodo 2004-2010



### 2.3. Ahorros totales en el sector industrial

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se han aplicado los indicadores anteriormente descritos empleando las variables del sector y las macroeconómicas de la Tabla 8 y Tabla 9. Los resultados de ahorro energético sobre consumo final se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Resultados de ahorro según PDM1 en el sector industrial en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Sector industrial total	<i>LT+LE</i>	<b>2.131,1</b>	<b>-798,6</b>
	Sector industrial efecto tecnológico	<i>LT</i>	285,2	-2.454,1
	Sector industrial efecto estructura	<i>LE</i>	1.845,9	1.655,5
Base 2007 [ktep]	Sector industrial total	<i>LT+LE</i>	<b>136,7</b>	<b>-2.865,6</b>
	Sector industrial efecto tecnológico	<i>LT</i>	-1.205,5	-3.987,7
	Sector industrial efecto estructura	<i>LE</i>	1.342,2	1.122,1

Si se tienen en cuenta los indicadores propuestos, en el sector industrial se han observado desahorros de -798,6 ktep en el periodo estudiado. Éstos han sido menores gracias a la evolución producida en el peso relativo de cada rama de actividad dentro de la estructura de consumo del sector. Respecto al efecto tecnológico se descubren importantes ahorros negativos lo que indica que la caída en los ratios de producción de determinadas ramas ha afectado negativamente a la eficiencia energética de algunos de los procesos industriales.

Para ver en detalle el comportamiento energético de cada una de las ramas de actividad se muestra en la Tabla 11 los resultados tecnológicos y en la Tabla 12 los de estructura. Como se puede observar en la Figura 5, la rama de minerales no metálicos con un peso relativo sobre el consumo de energía final del sector del 22% en 2010 presenta las mayores penalizaciones respecto al indicador tecnológico de PDM1, debido a una variación negativa en los años 2009 y 2010 en el ratio entre el consumo energético y el valor agregado bruto del subsector.

Figura 5. Evolución del consumo de energía final energética y valor agregado bruto para la rama de actividad “Minerales no metálicos” en el periodo 2004-2010

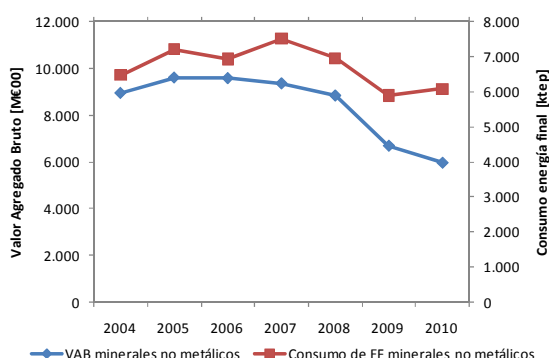


Tabla 11. Resultados de ahorro tecnológico según PDM1 para cada rama de actividad en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010	
Base 2004 [ktep]	<b>Sector industrial total</b>	$\sum LT_i$	<b>285,2</b>	<b>-2.454,1</b>	
	Madera, corcho y muebles	LT	-130,2	-195,0	
	Alimentación, bebidas y tabaco		992,5	885,4	
	Textil, cuero y calzado		197,7	68,6	
	Pasta, papel e impresión		-102,7	-403,9	
	Química		48,6	-128,4	
	Minerales no metálicos		-1.222,0	-2.169,1	
	Metalurgia y prod. metálicos		933,6	692,9	
	Maquinaria y equipo mecánico		10,4	22,6	
	Equipos de transporte		43,1	-77,5	
	Equipo eléc., electr. y óptico		-8,3	-18,9	
	Resto industria manufacturera		-477,6	-1.130,9	
	Base 2007 [ktep]		<b>Sector industrial total</b>	$\sum LT_i$	<b>-1.205,5</b>
Madera, corcho y muebles			LT	-258,7	-316,7
Alimentación, bebidas y tabaco		333,2		215,2	
Textil, cuero y calzado		75,3		-41,3	
Pasta, papel e impresión		-68,7		-377,6	
Química		1.339,0		1.211,0	
Minerales no metálicos		-621,3		-1.632,0	
Metalurgia y prod. metálicos		-563,3		-823,8	
Maquinaria y equipo mecánico		-12,4		-0,5	
Equipos de transporte		-203,7		-325,8	
Equipo eléc., electr. y óptico		-41,5		-52,9	
Resto industria manufacturera		-1.183,4		-1.843,3	

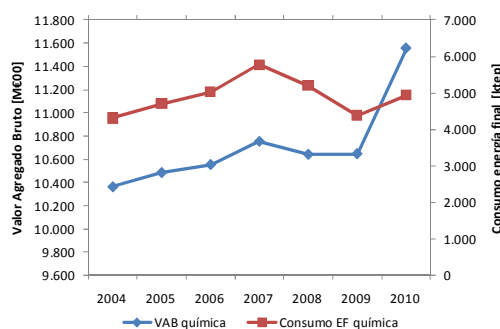
Como se puede observar en la Figura 5, la rama de minerales no metálicos con un peso relativo sobre el consumo de energía final del sector del 22% en 2010 presenta las mayores penalizaciones respecto al indicador tecnológico de Laspeyres, debido a una variación negativa en los años 2009 y 2010 en el ratio entre el consumo energético y el valor agregado bruto del subsector.

Tabla 12. Resultados de ahorro de estructura según PDM1 para cada rama de actividad en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010	
Base 2004 [ktep]	<b>Sector industrial total</b>	$\sum LE_i$	<b>1.845,9</b>	<b>1.655,5</b>	
	Madera, corcho y muebles	LE	233,8	281,8	
	Alimentación, bebidas y tabaco		-318,7	-448,7	
	Textil, cuero y calzado		215,8	251,2	
	Pasta, papel e impresión		5,8	-3,2	
	Química		-429,2	-942,7	
	Minerales no metálicos		1.356,5	1.956,5	
	Metalurgia y prod. metálicos		852,5	590,2	
	Maquinaria y equipo mecánico		13,1	-9,8	
	Equipos de transporte		152,3	146,6	
	Equipo eléc., electr. y óptico		32,3	13,5	
	Resto industria manufacturera		-268,2	-179,9	
	Base 2007 [ktep]		<b>Sector industrial total</b>	$\sum LE_i$	<b>1.342,2</b>
Madera, corcho y muebles			LE	152,6	195,7
Alimentación, bebidas y tabaco		-290,0		-409,2	
Textil, cuero y calzado		59,0		82,1	
Pasta, papel e impresión		-39,3		-50,9	
Química		-650,8		-1.252,7	
Minerales no metálicos		1.312,6		1.957,1	
Metalurgia y prod. metálicos		782,7		542,3	
Maquinaria y equipo mecánico		1,7		-20,8	
Equipos de transporte		134,2		129,5	
Equipo eléc., electr. y óptico		30,6		12,1	
Resto industria manufacturera		-151,1		-63,2	

Por su parte la rama química con un peso relativo sobre el consumo de energía final del sector del 18% en 2010 presenta las mayores penalizaciones respecto al indicador de estructura según PDM1, debido a un desacople progresivo a partir de 2008 en el ratio entre el consumo energético y el valor agregado bruto del subsector tal y como se puede comprobar en la Figura 6.

Figura 6. Evolución del consumo de energía final energética y valor agregado bruto para la rama de actividad "Química" en el periodo 2004-2010



Adicionalmente, se ha considerado de interés comprobar el cálculo presentado mediante la fórmula de PDM1 con el que resultaría de utilizar el indicador

descendente propuesto por la Comisión Europea, el M8, con el objetivo de comprobar la robustez de las conclusiones obtenidas. El indicador M8 se define como el ratio entre el consumo de energía final y el VAB del sector industrial.

$$M8 = \left( \frac{E^{I^x}}{VA^{I^x}} \right)$$

donde:

- $E^{I^x}$  : Consumo energético del sector industrial
- $VA^{I^x}$  : Valor Agregado Bruto del sector industrial

Los ahorros relativos al perímetro exterior en el sector utilizando el indicador M8 resultan de multiplicar la diferencia de los valores de éste para el año de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) por el valor agregado bruto del sector y por un parámetro  $K$  que determina el porcentaje de consumo de energía final del sector industrial no afectado por el alcance de la Directiva 32/2006 (ETS) de la Comisión Europea. Se ha tomado como valor para esta constante el propuesto en el documento “*Recommendations on measurement and verification methods*”.

$$\text{Ahorros obtenidos por } M8 = \left[ \left( \frac{E_{04}^{I^x}}{VA_{04}^{I^x}} \right) - \left( \frac{E_{10}^{I^x}}{VA_{10}^{I^x}} \right) \right] \cdot VA_{2010} \cdot K_{2004}$$

donde:

- $E^{I^x}$  : Consumo energético del sector industrial
- $K$ : Porcentaje de consumo de energía final no afectado por la Directiva 32/2006
- $VA^{I^x}$  : Valor Agregado Bruto del sector industrial

Los ahorros totales obtenidos en el sector industrial mediante el indicador M8 recogen tanto ahorros directos como indirectos.

Tabla 13. Resultados de ahorro en el sector industrial en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007 según el indicador M8

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Sector industrial	M8	2.048,8	-771,5
Base 2007 [ktep]	Sector industrial	M8	117,3	-2.658,2

Como se puede observar, los resultados obtenidos por la metodología PDM1 y a través de los indicadores M8 son coherentes, mostrando diferencias del orden del 7%.

### 3. Mejora de la eficiencia energética de equipos industriales

La evolución tecnológica de los equipos facilita la consecución de mejores ratios de consumo por unidad producida en los procesos industriales. A pesar de representar unos menores gastos de explotación para las compañías, en muchos casos adquirir estos equipos supone acometer inversiones sustanciales, y por lo tanto la decisión de abordar proyectos de mejora en eficiencia energética no es inmediata.

Por consiguiente en el Plan de Acción de Eficiencia Energética se estableció una medida para el fomento de equipos más eficientes articulándose a través de diversas iniciativas desarrolladas desde el IDAE:

- Convenios de colaboración entre el IDAE y las CCAA en el periodo 2005-2010, consistentes en programas de ayudas públicas para la adquisición de equipos para mejora de la eficiencia energética.
- Proyectos estratégicos en el periodo 2008-2010, mediante programas de ayudas públicas para la financiación de proyectos estratégicos de inversión.

### 3.1. Convenios de colaboración entre el IDAE y las CCAA

Los convenios de colaboración entre Administraciones plantean un amplio espectro de actuaciones tanto de ayudas públicas como de cursos de formación. Tanto las personas físicas como las jurídicas, y de carácter público o privado, pueden ser posibles beneficiarios de estos convenios. En el caso de inversiones sobre equipos, el importe de la ayuda asignada cubre hasta un 22% del coste del equipo.

Para calcular el efecto producido por estos convenios de colaboración, se han utilizado los informes anuales elaborados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados mediante los programas de ayudas públicas, auditorías energéticas, actividades de formación y el programa de investigación energética.

Se considera que la vida útil de esta tipología de mejoras es mayor que el periodo de análisis de los ahorros, por lo que el ahorro alcanzado en 2010 resulta del sumatorio de los ahorros específicos definidos como el cociente entre el ahorro obtenido en el año n y el VAB del mismo año reportados desde 2006 normalizados al índice de actividad de 2010.

$$BU_{inc1} = \sum_{i=2004-2007}^{2010} Ah_{in1} \cdot \frac{VAB_{2010}}{VAB_{2004}}$$

donde:

- $Ah_{et}$ : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación a:
  - Programa de ayudas públicas
  - Auditorías energéticas y otros estudios
  - Actividades de formación y divulgación
  - Programa de mejora de la eficiencia y fomento de la investigación
- $VAB_i$ : Valor Agregado Bruto de la industria en el año i.

En relación a los ahorros obtenidos por los convenios entre el IDAE y las Comunidades Autónomas, se muestran en la Tabla 14 la inversión destinada a esta iniciativa.

**Tabla 14.** Inversión asociada a la medida “Convenios de colaboración IDAE - CCAA” en el sector industria durante el periodo 2004-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Programa de ayudas públicas [k€]	24.633	27.119	26.945	38.683	36.228	IDAE
Auditorías energéticas y otros estudios [k€]	1.888	1.610	2.556	4.285	3.559	IDAE
Formación y divulgación [k€]	1.806	110	114	135	3.087	IDAE
<b>Inversión total asociada a convenios [k€]</b>	<b>28.327</b>	<b>28.839</b>	<b>29.614</b>	<b>43.103</b>	<b>42.874</b>	IDAE

### 3.2. Proyectos estratégicos

Esta iniciativa persigue complementar y reforzar los esfuerzos que se están llevando a cabo por parte de las diferentes administraciones para incentivar a las empresas a realizar proyectos plurianuales de inversión en tecnologías de ahorro y eficiencia energética.

Se trata de cubrir determinada tipología de proyectos que no cuentan con el suficiente apoyo con los mecanismos actuales existentes, con una visión de apoyo continuo y abierto (beneficiarios directos e indirectos en todos los sectores).

Para calcular el efecto producido por estos proyectos estratégicos, se han utilizado los informes anuales elaborados por IDAE sobre los ahorros alcanzados gracias a las inversiones en eficiencia energética relacionadas con esta iniciativa.

Se considera que la vida útil de esta tipología de mejoras es mayor que el periodo de análisis por lo que el ahorro alcanzado en 2010 resulta del sumatorio de los ahorros específicos reportados desde 2008 normalizados al índice de actividad de 2010.

$$BU_{mPE,2} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{m,2}$$

donde:

- $Ah_{et}$  : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación a proyectos estratégicos desarrollados por el IDAE

### 3.3. Ahorros directos en el sector industria

Se han considerado como ahorros directos los producidos como consecuencia de la puesta en marcha de medidas específicas que hayan fomentado la mejora de equipamiento industrial y que permitan disminuir el consumo a través de los mecanismos que desde las Administraciones Públicas se han desarrollado.

Tabla 15. Ahorros obtenidos la medida “Mejora de equipos en el sector industrial” durante el periodo 2004-2010

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Mejora de equipos en el sector industrial	$BU_{indC} + BU_{indC}$	<b>854,9</b>	<b>1.068,8</b>
	Convenios de colaboración IDAE-CCAA	$BU_{indC}$	854,8	1.068,6
	Proyectos estratégicos	$BU_{indC}$	0,1	0,1
Base 2007 [ktep]	Mejora de equipos en el sector industrial	$BU_{indC} + BU_{indC}$	<b>453,1</b>	<b>672,6</b>
	Convenios de colaboración IDAE-CCAA	$BU_{indC}$	453,0	672,5
	Proyectos estratégicos	$BU_{indC}$	0,1	0,1

### 4. Ahorros obtenidos en el sector industrial a 2010

El sector industrial ha conseguido unos ahorros globales de energía final negativos de -798,6 ktep en el periodo 2004-2010. Dichos desahorros han sido moderados fundamentalmente gracias a la evolución en la estructura propia del sector, atribuyéndose a este motivo 1.655,6 ktep. Por otro lado, se observan valores de ahorros negativos de -2.454,1 ktep, debidos a que la caída de los ratios de producción de algunas ramas ha afectado negativamente a la eficiencia energética de algunos procesos industriales.



**Tabla 16. Resultados de ahorro en el sector industrial según PDM1 (total, tecnológico y estructura) en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	<b>Sector industrial total</b>	<b>LT+LE</b>	<b>2.131,1</b>	<b>-798,6</b>
	Sector industrial efecto tecnológico	LT	285,2	-2.454,1
	Sector industrial efecto estructura	LE	1.845,9	1.655,5
Base 2007 [ktep]	<b>Sector industrial total</b>	<b>LT+LE</b>	<b>136,7</b>	<b>-2.865,6</b>
	Sector industrial efecto tecnológico	LT	-1.205,5	-3.987,7
	Sector industrial efecto estructura	LE	1.342,2	1.122,1

En el caso del sector industrial no se pueden captar efectos indirectos ni se dan efectos de doble contabilidad. Esto es debido a que los resultados de las fórmulas de PDM1 tienen la propiedad de ser aditivos y el total se calcula como suma de los parciales.

BORRADOR 02.06.2011

### III. SECTOR TRANSPORTE

#### 1. Resumen de ahorros en el sector transporte

##### EL SECTOR TRANSPORTE

El sector transporte durante el periodo de análisis se mantiene, con un 39,3% del consumo total de energía final en 2010, como el primer sector consumidor por encima de la industria y el resto de sectores. El consumo energético en el sector está directamente relacionado con su actividad. Periodos con grandes caídas en el consumo como el actual dan lugar a ahorros de combustible, debidos a la disminución de los recorridos y movimientos de los vehículos, sobre todo en el caso de transporte de mercancías.

##### Consumos del sector

	Energía final 2010 [ktep]	Energía primaria 2010 [ktep]	Emisiones CO <sub>2</sub> 2010 [ktCO <sub>2</sub> ]
	2010	2010	2010
<b>TOTAL CONSUMOS SECTOR TRANSPORTE</b>	<b>36.744</b>	<b>42.035</b>	<b>142.423</b>
MODO CARRERERA	29.375	32.609	107.805
MODO FERROCARRIL	1.156	2.468	11.414
MODO MARÍTIMO	1.100	1.232	3.926
MODO AÉREO	5.112	5.726	19.277

##### Resultado de ahorros obtenidos

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO <sub>2</sub> [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04-10	07-10	04-10	07-10	04-10	07-10
<b>TOTAL AHORROS SECTOR TRANSPORTE</b>	<b>6.586,9</b>	<b>4.561,1</b>	<b>7.035,8</b>	<b>4.909,2</b>	<b>21.906,9</b>	<b>15.248,3</b>
MODO CARRERERA	6.837,3	4.910,4	7.652,2	5.489,7	23.195,3	16.691,2
MODO FERROCARRIL	-317,4	-206,7	-677,8	-419,2	-1.468,0	-953,9
MODO MARÍTIMO	52,3	-99,9	58,6	-111,9	166,8	-342,1
MODO AÉREO	-68,0	-48,3	-76,1	-54,1	-228,8	-162,5
INTERMODAL	82,7	5,6	70,4	4,7	241,7	15,6

##### Conclusiones

Los ahorros muestran desempeños variados en función de los distintos modos de transporte. La mayoría del ahorro obtenido por el sector transporte se centra en el modo de carretera (6.837,3 ktep), sobre todo en el transporte de mercancías, que compensa los ahorros negativos de los modos ferrocarril y aéreo.

El transporte ferroviario obtiene unos ahorros negativos de -317,4 ktep, sin embargo muestra un comportamiento diferente según los perímetros que se han definido, transporte de pasajeros y transporte de mercancías. Dentro del transporte de pasajeros hay ahorros limitados por la mejora de la eficiencia técnica (24,3 ktep), sin embargo no consiguen compensar el desempeño negativo en términos de ahorro energético del transporte de mercancías.

El sector marítimo muestra unos ahorros positivos relativamente elevados dado su tamaño (52,3 ktep), debido a un incremento relativo en tráfico superior al consumo de combustible.

El sector aéreo muestra unos ahorros negativos de -68,0 ktep, debido a un incremento del consumo superior en términos relativos a las operaciones de navegación aérea durante el período analizado.

De forma general en todos los modos se observa una tendencia decreciente en el consumo y tráfico totales en los últimos años del período analizado por la coyuntura económica. Especialmente en el transporte de mercancías, donde la fuerte disminución de la actividad industrial motiva la caída del consumo y del tráfico en camiones y vehículos ligeros mientras el parque permanece constante.

Finalmente, los indicadores que miden el cambio modal muestran que se han producido ahorros (82,7 ktep) tanto el transporte de mercancías como de pasajeros. En el transporte de pasajeros por ferrocarril y carretera han experimentado crecimientos en el período analizado. Por el contrario, el tráfico de mercancías ferroviario y marítimo han mostrado comportamientos descendentes en el período analizado, debido en gran medida a la desaceleración de la actividad económica.

## Matriz medida-mecanismo

Medidas \ Mecanismos		Mecanismos									
		Programa Cooperación IDAE-CCAA	Programas de ayudas IDAE Proyectos Estratégicos	Estrategia de impulso al vehículo eléctrico en España 2010-2015	Plan Prever	Discriminación fiscal en el Impuesto de matriculación de Vehículos	Reglamento 443 / 2009	Cualificación inicial y la formación continua conductores transporte por carretera (RD 1032/2007)	Plan VIVE	Plan 2000E	Total
2010 Base 04 [ktep]	Planes de movilidad urbana sostenible	860,0									860,0
	Gestión de flotas por carretera	1,3									1,3
	Conducción eficiente transporte carretera						60,6				60,6
	Conducción eficiente turismos	53,5									53,5
	Renovación flotas de transporte por carretera	1,0									1,0
	Renovación del parque de turismos	2,7		0,3	110,1	741,3		3,6	12,8		870,8
	<b>Total</b>	<b>918,5</b>		<b>0,3</b>	<b>110,1</b>	<b>741,3</b>	<b>60,6</b>	<b>3,6</b>	<b>12,8</b>		<b>1.847,2</b>
2010 Base 07 [ktep]	Planes de movilidad urbana sostenible	563,4									563,4
	Gestión de flotas por carretera	1,2									1,2
	Conducción eficiente transporte carretera						52,0				52,0
	Conducción eficiente turismos	40,9									40,9
	Renovación flotas de transporte por carretera	1,0									1,0
	Renovación del parque de turismos	5,2		0,3	-	257,5		3,6	12,8		
	<b>Total</b>	<b>611,7</b>		<b>0,3</b>		<b>257,5</b>	<b>52,0</b>	<b>3,6</b>	<b>12,8</b>		<b>937,9</b>

## MODO CARRETERA

Los ahorros energéticos obtenidos en el modo carretera (6.837,3 ktep en el período 2004-2010) han venido determinados en mercancías en su mayor parte por la disminución de la actividad y en turismos por la mejora de la eficiencia del parque. Este modo supone casi el 80% de todo el consumo energético final del sector transporte en España en 2010.

El siguiente análisis muestra los ahorros energéticos obtenidos durante el período 2004-2010 en el modo Carretera. Para el cálculo del perímetro exterior de ahorros globales se han utilizado indicadores *P* propuestos por la Comisión Europea e indicadores ascendentes de elaboración propia, mientras que para evaluar los ahorros obtenidos por las medidas concretas se han utilizado únicamente indicadores ascendentes.

### Resultados obtenidos

		2004-2010 [ktep]	2007-2010 [ktep]
<i>A2</i>	Camiones	5.880,4	3.864,8
<i>P8</i>	Turismos	116,4	1.005,7
<i>BU<sub>gf</sub></i>	Gestión de flotas por carretera	1,3	1,2
<i>BU<sub>cec</sub></i>	Conducción eficiente transporte carretera	60,6	52,0
<i>BU<sub>cet</sub></i>	Conducción eficiente turismos	53,5	40,9
<i>BU<sub>rf</sub></i>	Renovación de flotas de transporte por carretera	1,0	1,0
<i>BU<sub>rp</sub></i>	Renovación del parque de turismos	870,8	276,0
<i>PB</i>	Buses	32,6	39,9
<b>TOTAL MODO CARRETERA *</b>		<b>6.837,3</b>	<b>4.910,4</b>

\*Los indicadores que afectan a los totales corresponden a las celdas sombreadas

### Esquema de ahorros

El ahorro relativo al modo carretera se ha organizado en tres ámbitos principales, teniendo en cuenta el tipo de vehículo al que va dirigido la medida, turismos, mercancías o colectivos.

TRANSPORTE MODO CARRETERA: $BU_{rp} + BU_{cet} + A2 + PB = 6.837,3$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		
TURISMOS: $BU_{rp} + BU_{cet} = 924,3$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		
Renovación del parque de turismos ( <i>BU<sub>rp</sub></i> ) 870,8 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Conducción Eficiente del Vehículo Privado ( <i>BU<sub>cet</sub></i> ) 53,5 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	
MERCANCIAS: $A2 = 5.880,4$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		
Renovación de Flotas de Transporte por Carretera ( <i>BU<sub>rf</sub></i> ) 1,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Gestión de Flotas de Transporte por Carretera ( <i>BU<sub>gf</sub></i> ) 1,3 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Conducción Eficiente de Camiones ( <i>BU<sub>cec</sub></i> ) 60,6 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)
COLECTIVO: $PB = 32,6$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		

### Conclusiones

Según los indicadores descendentes y ascendentes se han producido ahorros globales de 6.837,3 ktep desde 2004 siendo el transporte de mercancías el que más ahorros han aportado (5.880,4 según el indicador *A2*). Los ahorros inducidos por las medidas han supuesto unos ahorros de 871,8 ktep en renovaciones de vehículos (turismos y camiones) y de 114,1 ktep en medidas de conducción eficiente. Mientras el transporte colectivo en el período analizado ha logrado 32,6 ktep.

## RESTO DE MODOS

Los ahorros energéticos obtenidos por el resto de modos y el cambio modal (-243, 2 ktep en el período 2004-2010) han venido determinados parte por la mejora de la eficiencia del transporte marítimo (52,3 ktep) y el trasvase de pasajeros a modos más eficientes (82,7 ktep). El resto de modos supone cerca del 20% de todo el consumo energético final del sector transporte en España en 2010.

Para el cálculo del perímetro exterior se han utilizado corregidos los indicadores *M* y *P* propuestos por la Comisión Europea mientras que para evaluar los ahorros obtenidos por las medidas de cambio modal se han utilizado indicadores *P* (de cuota), corregidos o no según la medida.

### Resultados obtenidos

		2004-2010	2007-2010
<i>P10</i>	Pasajeros	24,3	29,8
<i>P11</i>	Mercancías	-341,7	-236,5
TOTAL MODO FERROCARRIL		-317,4	-206,7

		2004-2010	2007-2010
<i>M7</i>	Transporte marítimo	52,3	-99,9
<i>Mav</i>	Transporte aéreo	-68,0	-48,3
TOTAL RESTO DE MODOS		-15,6	-148,2

		2004-2010	2007-2010
<i>P12</i>	Intermodal pasajeros	84,7	6,7
<i>P13</i>	Intermodal pasajeros	-2,0	-1,1
<i>BU<sub>pm</sub></i>	Planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)	860,0	563,4
<i>BU<sub>cc</sub></i>	Mayor participación medios colectivos transporte por carretera	44,7	-12,3
<i>BU<sub>fimer</sub></i>	Cuota Pasajeros	85,4	64,1
<i>BU<sub>tipas</sub></i>	Cuota Mercancías	-	-
TOTAL INTERMODALIDAD		82,7	5,6

### Conclusiones

Los ahorros correspondientes al modo ferrocarril, modo marítimo y modo aéreo obtuvieron en su conjunto valores negativos de ahorro energético en el período estudiado, debido sobre todo al mal desempeño del transporte ferroviario de mercancías. El resultado global del modo ferroviario se ha calculado a través de la suma de los indicadores *P10* y *P11* propuestos por la Comisión Europea alcanzan un valor de -317,4 ktep.

El sector marítimo muestra un desempeño positivo relativamente elevado dado su tamaño, debido a un incremento relativo en tráfico superior al consumo de combustible, por valor de 52,3 ktep en 2010 respecto a 2004 calculados con el indicador *M7* propuesto por la Comisión Europea.

Finalmente, según un indicador descendente *Mav* de elaboración propia a partir de los indicadores propuestos por la Comisión Europea no se han producido ahorros en el sector aéreo en el período de estudio. El sector muestra ahorros negativos por un incremento del consumo superior en términos relativos a las operaciones entre 2004 y 2010, especialmente entre 2007 y 2010.

Los indicadores descendentes *P* de cambio modal muestran una mejora en la eficiente energética (82,7 ktep) tanto el transporte de mercancías como de pasajeros. Para el cálculo de los ahorros inducidos por actuaciones directas se han utilizado indicadores *P* de cambio modal corregidos. Las medidas analizadas muestran ahorros reducidos, porque la cuota del transporte colectivo no ha experimentado en términos generales un avance significativo. La crisis económica, en términos de incremento de la tasa de desempleo, ha provocado la disminución de desplazamientos urbanos e interurbanos en todo tipo de modos.

## 2. Perímetros exteriores

Para el cálculo de los ahorros energéticos del sector Transporte se han definido una serie de perímetros de análisis en función de los indicadores seleccionados. En primer lugar se ha estructurado el sector en modos de transporte: carretera, ferrocarril, marítimo (cabotaje y fluvial) y aéreo. Posteriormente, se ha definido un segundo nivel de perímetros en algunos modos para el cálculo de indicadores de ahorro. Para el análisis del transporte por carretera se ha estructurado el modo en turismo, mercancías (camiones y vehículos ligeros) y colectivos (buses). Mientras el transporte por ferrocarril lo ha hecho entre pasajeros y mercancías.

El esquema de ahorros energéticos en el sector se presenta en la Figura 7, donde se muestran los valores alcanzados en 2010 con base 2004 y donde es posible discernir los ahorros por modos.

Figura 7. Esquema de ahorro energético en el sector Transporte en 2010 y base 2004

TRANSPORTE TOTAL	$[BU_{rp}+BU_{cet}+A2+PB]+[P10+P11]+[M7]+[MaV]+[P12+P13] = 6.586,9 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$	
Transporte modo carretera:	$[B_{urp}+BU_{cet}]+[A2]+[PB] = 6.837,3 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$	
Transporte modo carretera turismo	$[BU_{rp}] = 870,8 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$	
Transporte modo carretera mercancías (camiones y vehículos ligeros)	$[A2] = 5.880,4 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$	
Transporte modo carretera colectivos (buses)		$[PB] = 32,6 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$
Transporte modo ferrocarril:		$[P10+P11] = -317,4 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$
Transporte de pasajeros $[P10] = 24,3 \text{ ktep}_{2010}(\text{base } 2004)$	$[P12] = 84,7 \text{ ktep}_{2010}(\text{base } 2004)$	Transporte de mercancías $[P11] = -341,7 \text{ ktep}_{2010}(\text{base } 2004)$
Transporte modo marítimo:	$[P13] = -2,0 \text{ ktep}_{2010}(\text{base } 2004)$	$[M7] = 52,3 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$
Transporte modo aéreo:	$[MaV] = -68,0 \text{ ktep}_{2010}(\text{Base } 2004)$	

A continuación se desarrollan las metodologías de cálculo y se presentan las variables clave del ahorro energético de los modos de transporte: carretera, ferrocarril, marítimo y aéreo.

### 2.1. Transporte por modo carretera

El modo carretera supone casi el 80% de todo el consumo energético final del sector nacional en 2010. Para profundizar en el cálculo de los ahorros específicos asociados a los distintos tipos de vehículos, medidas y mecanismos del modo se ha definido una serie de perímetros superpuestos de análisis. Los más amplios distinguen entre los distintos tipos de vehículo: turismo, mercancías (camiones y vehículos ligeros) y colectivos (buses).

#### Metodología

El esquema de ahorros energéticos en el modo carretera se presenta en la Figura 8, donde se muestran los valores alcanzados en 2010 con base 2004 y donde es posible discernir los ahorros por actividad.

**Figura 8. Esquema de ahorro energético en el modo carretera en 2010 y base 2004**

TRANSPORTE MODO CARRETERA: $BU_{rp} + BU_{cet} + A2 + PB = 6.837,3$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		
TURISMOS: $BU_{rp} + BU_{cet} = 924,3$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		
Renovación del parque de turismos ( $BU_{rp}$ ) 870,8 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Conducción Eficiente del Vehículo Privado ( $BU_{cet}$ ) 53,5 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	
MERCANCIAS : $A2 = 5.880,4$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		
Renovación de Flotas de Transporte por Carretera ( $BU_{rf}$ ) 1,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Gestión de Flotas de Transporte por Carretera ( $BU_{gr}$ ) 1,3 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Conducción Eficiente de Camiones ( $BU_{cc}$ ) 60,6 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)
COLECTIVO: $PB = 32,6$ ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		

Para el cálculo de los ahorros energéticos en el modo carretera se han utilizado tanto indicadores descendentes propuestos por la Comisión Europea como indicadores descendentes y ascendentes de elaboración propia. También se han calculado indicadores ascendentes para calcular el impacto de las diferentes medidas y mecanismos impulsados por la Administración.

### Turismos

El ahorro correspondiente al perímetro inicial en el año 2010 con base 2004 se ha calculado a partir de la suma los indicadores ascendentes  $BU_{rp}$  y  $BU_{cet}$ .

El indicador  $BU_{rp}$  es un indicador de elaboración propia basado en el ahorro unitario asociado a cada vehículo renovado en función de las distintas tipologías de sustitución:

- Renovación natural con sustitución asociadas
- Renovación natural sin sustitución asociadas
- Planes de sustitución de vehículos
- Sustitución por vehículo híbrido
- Sustitución por vehículo eléctrico

$BU_{rp} = UErp_t^x$  donde:

- $UErp_t^x =$  Ahorro unitario por turismo en función de la tipología de sustitución

Por consiguiente el resultado del ahorro al aplicar el indicador es el siguiente:

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{rp} = \sum_{\text{año base} = t}^{t=i} (UE_t^x \cdot O_t^x) \cdot D_i$$

donde:

- $UE_t^x =$  Ahorro unitario por turismo en función de la tipología de sustitución
- $D_i =$  Distancia media recorrida por turismos en el año
- $O_t^x =$  Número de operaciones año (operaciones por plan de sustitución, número de matriculaciones de vehículos híbridos,...)

El indicador  $BU_{cet}$  es un indicador de elaboración propia basado en el ahorro unitario asociado a los cursos de conducción eficiente asociados al IDAE para conductores y formadores. El cálculo de los ahorros asociados esta medida se ha realizado por

medio de un indicador ascendente a partir de la reducción del consumo unitario derivado de los cursos de conducción.

$$BU_{cet} = UE^{CAFormado}$$

donde:

$UE^{CAFormados}$  = Consumo medio unitario de los turismos conducidos por conductores formados

Por consiguiente el resultado del ahorro al aplicar el indicador es el siguiente:

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{cet} = (UE^{CA} - UE^{CAFormado}) \cdot Di_t^{av.kmCA} \cdot S_{alumnos}$$

donde:

- $UE^{CA}$  = Consumo medio unitario de los turismos
- $UE^{CAFormados}$  = Consumo medio unitario de los turismos conducidos por conductores formados
- $S_{alumnos}$  = Número de alumnos equivalentes formados
- $Di_t^{av.km.CA}$  = Distancia media recorrida por turismo

Para el cálculo de los años en base 2007 se ha seleccionado el Indicador P8 “Consumo energía de turismos por pasajero-km” (propuesto por la Comisión Europea), que permite aislar los ahorros correspondientes a las mejoras técnicas y la eficiencia en la conducción en los turismos. Los ahorros se calculan como la variación de ratio del consumo entre el tráfico medido en pasajeros-km.

$$P8 = \left( \frac{E^{CA}}{T^{CA}} \right)$$

donde:

- $E^{CA}$  = Consumo total de turismos
- $T^{CA}$  = Tráfico total de turismos

Los ahorros relativos al perímetro exterior en el modo Carretera medidos por indicadores P y M, resultan de la multiplicación entre la diferencia de los valores de estos indicadores para el año de referencia (2007) y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador.

Por ejemplo, para el indicador P8 sería en el año 2010 con base 2007:

$$\text{Ahorros obtenidos por } P8 = \left( \frac{E_{2007}^{CA}}{T_{2007}^{CA}} - \frac{E_{2010}^{CA}}{T_{2010}^{CA}} \right) \cdot T_{2010}^{CA}$$

### Mercancías

El ahorro correspondiente al perímetro inicial en el año 2010 con base 2004 se ha calculado a partir del indicador descendente A2.

En el segundo perímetro de análisis se encuentra el indicador propuesto por la Comisión Europea A2 “Consumo energía de camiones y vehículos ligeros por tonelada-km”. Dicho indicador se calcula como el ratio entre el consumo total de transporte de mercancías y el parque total de camiones y vehículos ligeros.

$$A2 = \left( \frac{E^{TLV}}{S^{TLV}} \right)$$

donde:

- $E^{TLV}$  = Consumo en transporte por carretera de mercancías
- $S^{TLV}$  = Parque Total de camiones y vehículos ligeros



El siguiente perímetro está formado por los indicadores descendentes que miden medidas y mecanismos concretos que hacen referencia a camiones y vehículos ligeros en el periodo analizado.

### Colectivos

El ahorro correspondiente al perímetro inicial se ha calculado a partir del indicador ascendente *PB*, entendido como el indicador propuesto por la Comisión Europea M5 “Consumo energía por vehículos equivalentes” calculado únicamente para buses. Dicho indicador permite relacionar el consumo total del transporte en medios colectivos por modo carretera con el stock del parque de buses. La variación del indicador identifica todos los ahorros energéticos en el periodo analizado para el transporte de colectivos.

$$PB = \left( \frac{E^{Col}}{S^{Bus}} \right)$$

donde:

- $E^{Col}$  = Consumo en transporte colectivo por carretera
- $S^{Bus}$  = Parque total de buses en Carretera

Para el año base 2004, el sumatorio de los ahorros particulares asociados a los indicadores *BU<sub>rp</sub>*, *BU<sub>cet</sub>*, *A2* y *PB* muestra los ahorros globales producidos en el modo carretera en el año 2010. Para el año base 2007, los ahorros globales producidos en el modo carretera en el año 2010 son el resultado del el sumatorio de los ahorros particulares asociados a los indicadores *P8*, *A2* y *PB* que presentan un comportamiento más consistente.

### Variables afectadas

En este apartado se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este modo.

**Tabla 17.** Evolución de las variables de actividad genéricas transporte utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores en el sector Transporte en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo total transporte [ktep]	38.317	40.804	39.313	37.464	36.744	IDAE
Tráfico total de pasajeros [Mill pkm]	433.706	462.353	461.185	462.859	466.342	IDAE
Tráfico total de mercancías [Mill tkm]	379.057	409.314	378.385	339.060	304.973	IDAE

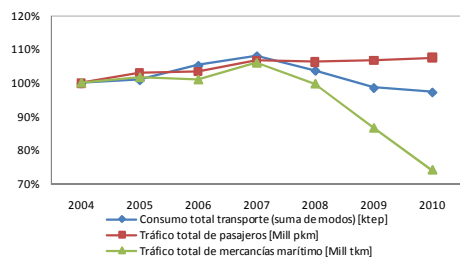
**Tabla 18.** Evolución de las variables de actividad genéricas utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores en el modo carretera en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo total carretera [ktep]	30.082	32.460	31.158	29.749	29.375	IDAE
Consumo total de turismos [ktep]	11.775	13.112	12.778	12.336	12.400	IDAE
Consumo total de camiones y vehículos ligeros [ktep]	16.789	17.503	16.325	14.944	13.500	IDAE
Consumo total de autobuses [ktep]	963	1.039	997	952	1.028	IDAE
Tráfico total de turismos [Mill pkm]	330.192	343.293	342.611	350.536	350.980	IDAE
Tráfico total de buses [Mill pkm]	53.458	59.163	60.864	57.233	59.691	IDAE

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Tráfico total de mercancías de camiones y vl [Mill tkm]	323.919	352.515	325.093	294.324	265.000	IDAE
Parque turismos circulante [Und.]	14.798.238	16.478.026	16.769.713	16.647.129	16.711.309	IDAE
Parque circulante camiones y vl [Und.]	3.161.924	3.679.040	3.715.993	3.675.911	3.650.000	IDAE
Parque de autobuses [Und.]	39.370	42.192	42.992	43.315	43.383	IDAE

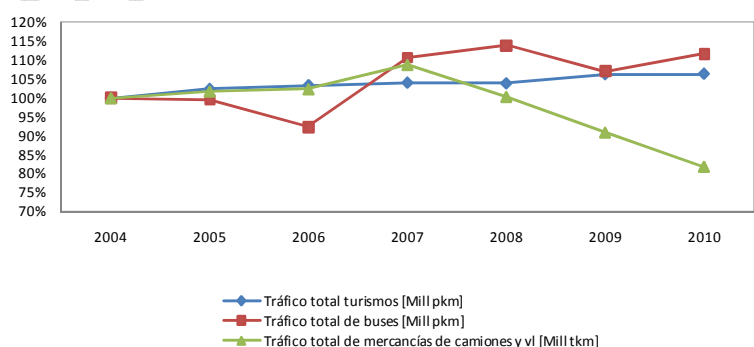
Se observa debido a la actual coyuntura económica una tendencia decreciente en el consumo total en los últimos años del período analizado, sin embargo el tráfico de pasajeros experimenta ligeros incrementos. Es en el transporte de mercancías donde la fuerte disminución de la actividad industrial se deja notar con mayor fuerza, provocando la caída del consumo y del tráfico en camiones y vehículos ligeros, mientras el parque permanece constante.

Figura 9. Evolución relativa del consumo y el tráfico de pasajeros y mercancías en el sector transporte en el periodo 2004-2010



La cuota del transporte colectivo por carretera respecto al tráfico de turismos se mantiene en valores similares el 2004, aunque durante el período analizado ha experimentado variaciones significativas.

Figura 10. Evolución relativa del tráfico por tipo vehículo en el modo carretera en el periodo 2004-2010



Este comportamiento es debido a la transferencia de tráfico de pasajeros, en términos de transporte colectivo, hacia los modos ferroviarios en el ámbito urbano y cercanías en el interurbano. Adicionalmente, el incremento de la tasa de desempleo, ha provocado la disminución de desplazamientos urbanos e interurbanos en todo tipo de modo.

**Tabla 19. Evolución de de distancias promedio por vehículo en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Distancia media recorrida turismos [km]	13.437	12.824	12.428	12.703	12.665	EP
Distancia media recorrida turismos urbano [km]	9.033	9.039	8.544	8.573	8.540	EP
Distancia media recorrida turismos interurbano [km]	4.404	3.784	3.885	4.130	4.125	EP
Distancia media recorrida camiones y vl (pond.) [km]	45.195	47.505	45.855	44.399	40.335	EP

**Tabla 20. Evolución de los consumos unitarios por tipo vehículo en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo un. turismo promedio real pasajero [gep/pkm]	35,66	38,20	37,30	35,19	35,33	EP
Consumo un. turismo promedio del parque (técnico) [gep/km]	60,63	59,76	59,53	59,29	58,83	EP
Consumo unitario promedio camiones y vl [gep/km]	121,87	118,78	117,75	116,73	115,70	EP
Consumo unitario bus promedio real por pasajero [gep/pkm]	18,01	17,56	16,38	16,63	17,22	EP

### **Ahorros totales conseguidos por el modo carretera**

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se ha aplicado los indicadores  $BU_{rp}$ ,  $BU_{cec}$ ,  $A2$  y  $PB$  aplicando las variables del sector presentadas en el punto anterior.

**Tabla 21. Resultados de ahorro energético en el modo carretera en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	<b>Total carretera</b>	<b><math>BU_{rp} + BU_{cet} + A2 + PB</math></b>	<b>5.531,2</b>	<b>6.837,3</b>
	Renovación del parque de turismos	$BU_{rp}$	773,0	870,8
	Turismos	$P8$	36,1	53,5
	Camiones	$A2$	4.573,9	5.880,4
	Autobuses	$PB$	107,1	32,6
	Conducción eficiente de camiones	$BU_{cec}$	41,2	60,6
Base 2007 [ktep]	<b>Total carretera</b>	<b><math>P8 + A2 + PB</math></b>	<b>3.710,9</b>	<b>4.910,4</b>
	Turismos	$BU_{rp}$	176,5	276,0
	Turismos	$P8$	1.052,6	1.005,7
	Camiones	$A2$	2.543,9	3.864,8
	Autobuses	$PB$	114,4	39,9
	Conducción eficiente turismos	$BU_{cet}$	82,1	130,2

Según la suma de indicadores ascendentes y descendentes de la Tabla 21 se han producido unos ahorros en el periodo de estudio 2004-2010 de 6.837,3ktep en el modo carretera, representando un ahorro porcentual de 23,28% sobre el consumo en energía final asociado al modo. Dicho resultado viene determinado fundamentalmente por el indicador  $A2$  que cuantifica los ahorros asociados al transporte de mercancías por carretera tal y como se puede observar en la Figura 12.

Figura 11. Evolución del indicador P8 relativo al tráfico de turismos en el período 2004-2010

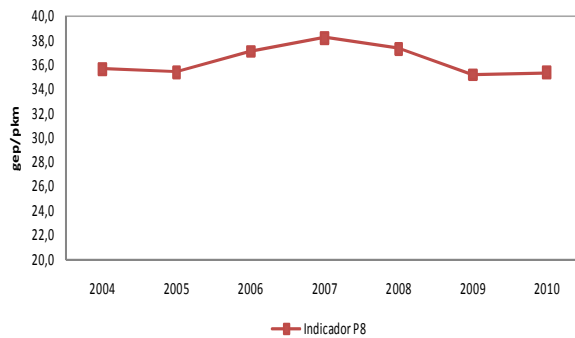
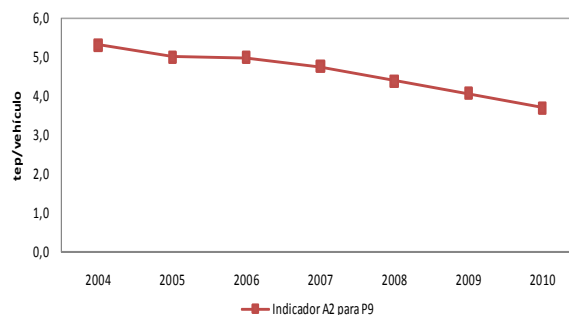


Figura 12. Evolución del indicador A2 relativo al transporte de mercancías en el modo carretera en el período 2004-2010



## 2.2. Transporte por modo ferrocarril

El modo ferrocarril supuso un 3,1% del total de consumo energético final del sector transporte nacional en 2010. Para profundizar en el cálculo de los ahorros específicos asociados a este modo se han definido dos perímetros de análisis en función de las dos actividades del transporte por ferrocarril: transporte de pasajeros y de mercancías.

### Metodología

El esquema de ahorros energéticos en el modo ferrocarril se presenta en la Figura 13, donde se muestran los valores alcanzados en 2010 con base 2004 y donde es posible discernir los ahorros por actividad.

Figura 13. Esquema de ahorro energético en el modo ferrocarril en 2010 y base 2004

<b>TRANSPORTE MODO FERROCARRIL TOTAL</b>		<b>P10+P11 = -317,4 ktep<sub>2010(base 2004)</sub></b>
<b>PASAJEROS</b> P10 = 24,3 ktep <sub>2010(base 2004)</sub>	<b>MERCANCÍAS</b> P11 = -341,7 ktep <sub>2010(base 2004)</sub>	

Para el cálculo de los ahorros asociados al transporte ferroviario se han utilizado dos indicadores propuestos por la Comisión Europea en su documento “*Recommendations on measurement and verification methods*”, el indicador *P10* “Consumo energía del transporte en ferrocarril de pasajeros por pasajero-km” y el indicador *P11* “Consumo energía del transporte en ferrocarril de mercancías por tonelada-km”. Ambos indicadores permiten medir el ahorro energético a partir de un ratio entre consumo energético y el tráfico por ferrocarril para transporte de pasajeros por un lado (*P10*) y para el transporte de mercancías por otro (*P11*).

### Pasajeros

El cálculo del ahorro asociado al transporte ferroviario de pasajeros por ferrocarril se ha realizado a partir del indicador *P10* propuesto por la Comisión Europea. Calculado como el ratio entre consumo energético y el tráfico de pasajeros. La variación del indicador muestra los ahorros derivados de una mejora en la eficiencia energética y una mejora de los factores de carga.

$$P10 = \left( \frac{E^{RF}}{T^{RF}} \right)$$

donde:

- $E^{RF}$  = Consumo total transporte modo ferroviario
- $T^{RF}$  = Tráfico total de pasajeros en modo ferroviario

### Mercancías

El cálculo del ahorro asociado ferroviario de mercancías por ferrocarril se ha realizado a partir del indicador *P11* propuesto por la Comisión Europea. Calculado como el ratio entre consumo energético y el tráfico de mercancías. De forma similar al indicador anterior la variación del indicador muestra los ahorros derivados de una mejora en la eficiencia energética y una mejora de los factores de carga.

$$P11 = \left( \frac{E^{RFm}}{T^{RFm}} \right)$$

donde:

- $E^{RFm}$  = Consumo total transporte mercancías modo ferroviario
- $T^{RFm}$  = Tráfico total de mercancías en modo ferroviario

### Variables clave en el transporte ferroviario

En la Tabla 22 se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este modo.

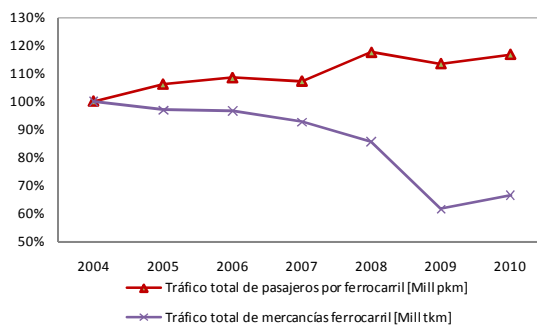
Tabla 22. Evolución de las variables de actividad genéricas modo ferrocarril en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo total ferrocarril [ktep]	1.090	1.193	1.169	1.124	1.156	IDAE
Consumo Ferrocarril pasajeros [ktep]	224	246	241	232	238	RENFE
Consumo Ferrocarril mercancías [ktep]	866	948	929	893	918	RENFE
Tráfico total de pasajeros por ferrocarril [Mill pkm]	20.386	21.857	23.969	23.137	23.824	IDAE
Tráfico total de mercancías ferrocarril [Mill tkm]	12.018	11.124	10.287	7.391	8.000	IDAE

El tráfico de mercancías por ferrocarril ha mostrado un comportamiento descendente en el período analizado, debido en gran medida a la desaceleración de la actividad económica y por una mayor flexibilidad de los modos competidores.

Sin embargo, el transporte de pasajeros por ferrocarril ha experimentado un comportamiento totalmente distinto y ha experimentado crecimientos de tráfico en el periodo analizado. Estos crecimientos se deben en su mayor parte a la puesta en marcha de nuevas líneas de alta velocidad, especialmente la que une Madrid y Barcelona.

Figura 14. Evolución relativa del tráfico de pasajeros y mercancías en el periodo 2004-2010



### Ahorros totales conseguidos por el modo ferrocarril

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se han utilizado los indicadores descritos aplicando las variables del sector presentadas para el cálculo de los indicadores.

Tabla 23. Resultados de ahorro energético en el modo ferrocarril en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Ferrocarril	$P10 + P11$	-337,1	-317,4
	Ferrocarril pasajeros	$P10$	23,3	24,3
	Ferrocarril mercancías	$P11$	-360,4	-341,7
Base 2007 [ktep]	Ferrocarril	$P10 + P11$	-234,6	-206,7
	Ferrocarril pasajeros	$P10$	28,6	29,8
	Ferrocarril mercancías	$P11$	-263,2	-236,5

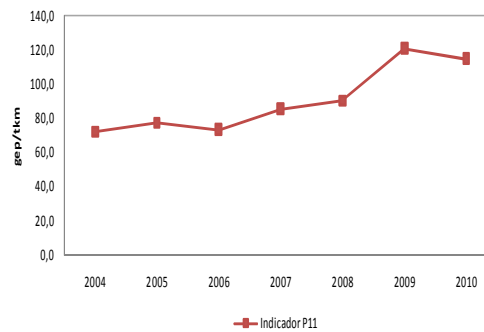
Según los indicadores descendentes  $P10$  y  $P11$  no se producen ahorros en el período estudiado debido principalmente al mal desempeño de transporte de mercancías. El ferrocarril muestra un comportamiento diverso según se trate del transporte de pasajeros y mercancías. Dentro del transporte de pasajeros hay ahorros limitados por la mejora de la eficiencia técnica. Por el contrario, el transporte de ferrocarril de mercancías muestra un desempeño negativo en términos de ahorro energético.

No se han podido alcanzar ahorros positivos debidos fundamentalmente a la coyuntura económica, que provoca una caída importante del tráfico mientras que el consumo sólo lo hace ligeramente debido a una bajada de la ocupación media de los trenes.

Figura 15. Evolución del indicador P10 relativo transporte de ferrocarril de pasajeros en el período 2004-2010



Figura 16. Evolución del indicador P11 relativo transporte de ferrocarril de mercancías en el período 2004-2010



### 2.3. Transporte por modo marítimo

El modo marítimo, entendido a efectos de este análisis como la suma de transporte de cabotaje y fluvial, supuso un 3,0% del total de consumo energético final del sector transporte en España en 2010. El alcance de este análisis se ha limitado al transporte de mercancías, que supone el 81,9% del consumo total del modo.

#### Metodología

Para el cálculo de los ahorros asociados al transporte marítimo se ha utilizado el indicador propuesto por la Comisión Europea M7, entendido como el ratio entre el consumo total y el tráfico total de transporte marítimo de mercancías. La variación del indicador refleja los ahorros derivados de una mejora en la eficiencia energética y una mejora de los factores de carga.

$$M7 = \left( \frac{E^w}{T^w} \right)$$

donde:

$E^w$  = Consumo de transporte marítimo de mercancías (fluvial y cabotaje)

$T^w$  = Tráfico Total de transporte marítimo de mercancías (fluvial y cabotaje)

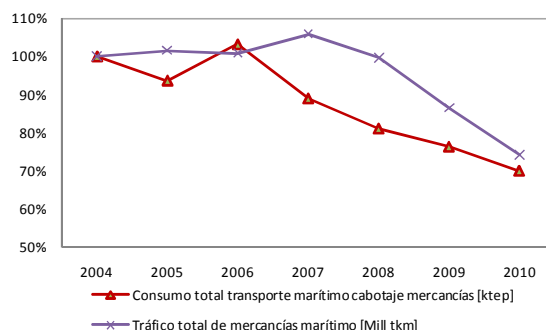
## Variables clave en el transporte marítimo

Tabla 24. Evolución del consumo y tráfico marítimo en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo total transporte marítimo de mercancías [ktep]	1.285	1.144	1.042	981	900	IDAE
Tráfico total de mercancías marítimo [Mill tkm]	43.120	45.675	43.005	37.345	31.973	IDAE

El transporte marítimo de mercancías se ha visto afectado de forma significativa por la crisis económica. Sin embargo, la caída del consumo ha sido superior en términos relativos al caído del tráfico de mercancías entre 2004 y 2010 como se observa en la Figura 17.

Figura 17. Evolución relativa del tráfico y consumo del transporte de mercancías de modo marítimo en el periodo 2004-2010



### Ahorros totales conseguidos por el modo marítimo

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se ha aplicado los indicadores descritos aplicando las variables del sector presentadas para el cálculo de los indicadores.

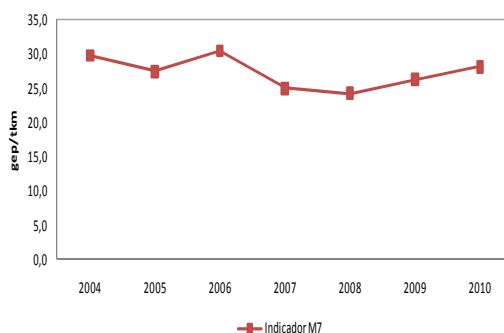
Tabla 25. Resultados de ahorro energético en el modo marítimo en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Transporte Marítimo	M7	131,9	52,3
Base 2007 [ktep]	Transporte Marítimo	M7	- 45,9	- 99,9

El sector marítimo muestra unos ahorros en 2010 respecto a la situación de 2004 de 52,3 ktep, representando un ahorro porcentual de 5,5% sobre el consumo en energía final asociado al transporte marítimo de mercancías.



Figura 18. Evolución del indicador M7 relativo al modo marítimo en el período 2004-2010



## 2.4. Transporte por modo aéreo

El modo aéreo supuso un 13,9% del total de consumo energético final del sector transporte en España en 2010.

### Metodología

Para el cálculo de los ahorros asociados al transporte aéreo se ha tomado como referencia los indicadores propuestos por la Comisión Europea M5, M6 y M7 para otros modos de transporte. Este nuevo indicador, denominado *Mav*, se calcula como el ratio entre el consumo energético total y el tráfico total en número de operaciones realizadas al año.

$$Mav = \left( \frac{E^{Aéreo}}{T^{Aéreo}} \right)$$

$E^{Aéreo}$  = Consumo de transporte en modo aéreo  
 $T^{Aéreo}$  = Tráfico Total en modo aéreo (en número de operaciones)

### VARIABLES AFECTADAS

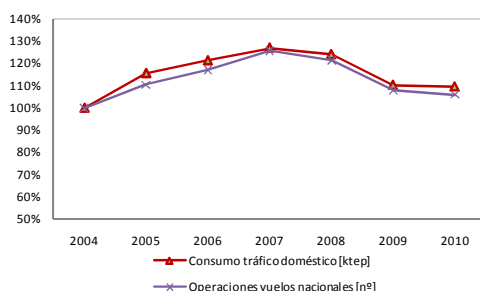
En la Tabla 26 se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este modo.

Tabla 26. Evolución relativa del tráfico y consumo del modo aéreo en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo tráfico doméstico [ktep]	1.902	2.413	2.357	2.097	2.083	IDAE
Operaciones vuelos nacionales [Und.]	820.409	1.030.450	994.158	885.427	869.222	INE

Como se puede apreciar en la Figura 19 el transporte aéreo ha experimentado un fuerte descenso de las operaciones a partir de 2008 (-13%), aunque el ratio consumo-operación se ha mantenido casi constante durante este período. En este sector será necesario un gran esfuerzo para mejorar la eficiencia en el consumo mediante la adquisición de aeronaves más eficientes, la optimización de la gestión del tráfico y medidas asociadas a la mejora en la conducción de las aeronaves. También hay un gran potencial de mejora en la eficiencia del material móvil del *hanling* aeroportuario.

Figura 19. Evolución relativa del consumo y de las operaciones nacionales del modo aéreo en el periodo 2004-2010



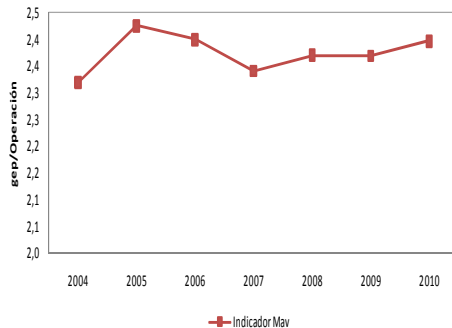
### Ahorros totales

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se ha aplicado el indicador *Mav* aplicando las variables del sector presentadas en la Tabla 27.

Tabla 27. Resultados de ahorro energético en el modo aéreo en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Transporte modo aéreo	<i>Mav</i>	- 44,5	- 68,0
Base 2007 [ktep]	Transporte modo aéreo	<i>Mav</i>	- 24,4	-48,3

Figura 20. Evolución del indicador *Mav* relativo al modo aéreo en el periodo 2004-2010



La bajada de las operaciones se ha dado, en mayor medida, en trayectos menores. A pesar de los resultados obtenidos durante este periodo, el sector aéreo ha iniciado gran cantidad de iniciativas enfocadas a disminuir sus costes de operación y su efecto en la demanda de tráfico aéreo.

### 2.5. Cambio modal

Gran parte de las medidas de eficiencia energética llevadas a cabo por la Administración en el periodo analizado se han centrado en el cambio modal, es decir, en la promoción del uso de transportes más eficientes energéticamente.

#### Metodología

El ahorro correspondiente al trasvase de tráfico de pasajeros y mercancías hacia modos de transporte más eficientes se ha calculado a partir de los indicadores *P12* "Cuota de transporte público en transporte terrestre de pasajeros" y *P13* "Cuota de

transporte ferroviario y marítimo de mercancías definidos por la Comisión Europea en su documento “*Recommendations on measurement and verification methods*”.

### *Pasajeros*

Respecto al transporte de pasajeros se ha calculado el ahorro a partir de las variaciones de la cuota del transporte colectivo frente al transporte por carretera. Para su cálculo se ha multiplicado las variaciones de cuota por el diferencial entre el consumo unitario del transporte colectivo y el del transporte por carretera normalizado por el tráfico del año 2010.

$$P12 = \left( \frac{T_{Public}^{Pa}}{T^{Pa}} \right)$$

donde:

- $T^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros
- $T_{Public}^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros en transporte colectivo

Por ejemplo, para el indicador *P12* sería en el año 2010 con base 2004:

$$\text{Ahorros obtenidos por } P12 = \left( \frac{T_{Public\ 2010}^{Pa}}{T_{2010}^{Pa}} - \frac{T_{Public\ 2004}^{Pa}}{T_{2004}^{Pa}} \right) \cdot T_{2010}^{Pa} \cdot (UE_{2010}^{CA} - UE_{2010}^{PT})$$

donde:

- $T^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros
- $T_{Public}^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros en transporte colectivo
- $UE^{CA}$  = Consumo unitario de vehículo turismo
- $UE^{PT}$  = Consumo unitario de transporte colectivo

### *Mercancías*

Por su parte los ahorros relativos al transporte de mercancías se han calculado los ahorros a partir de las variaciones de la cuota del transporte por ferrocarril y marítimo frente a otros modos de transporte. Para su cálculo se ha multiplicado las variaciones de cuota por el diferencial entre el consumo unitario del transporte ferrocarril y marítimo y del transporte por carretera normalizado por el tráfico del año 2010.

$$P13 = \left( \frac{T_{RW}^{Fr}}{T^{Fr}} \right)$$

donde:

- $T^{Fr}$  = Tráfico total de mercancías
- $T_{RW}^{Fr}$  = Tráfico total de mercancías transportadas por modo ferrocarril y marítimo

### **Variables clave en el cambio modal**

En la Tabla 28 se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos por cambio modal.

**Tabla 28. Evolución de las variables de actividad afectadas de la medida de cambio modal en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo total transporte marítimo de mercancías [ktep]	1.285	1.144	1.042	981	900	IDAE
Consumo Ferrocarril pasajeros [ktep]	224	246	241	232	238	RENFE
Consumo Ferrocarril mercancías [ktep]	866	948	929	893	918	RENFE
Consumo total de turismos [ktep]	11.775	13.112	12.778	12.336	12.400	IDAE
Consumo total de camiones y vl [ktep]	16.789	17.503	16.325	14.944	13.500	IDAE
Consumo total de autobuses [ktep]	963	1.039	997	952	1.028	IDAE
Tráfico total de turismos [Mill pkm]	330.192	343.293	342.611	350.536	350.980	IDAE
Tráfico total de buses [Mill pkm]	53.458	59.163	60.864	57.233	59.691	IDAE
Tráfico total de mercancías de camiones y vl [Mill tkm]	323.919	352.515	325.093	294.324	265.000	IDAE
Tráfico total de mercancías ferrocarril [Mill tkm]	12.018	11.124	10.287	7.391	8.000	IDAE
Tráfico total de pasajeros por ferrocarril [Mill pkm]	20.386	21.857	23.969	23.137	23.824	IDAE
Tráfico total de mercancías marítimo [Mill tkm]	43.120	45.675	43.005	37.345	31.973	IDAE

### Ahorros totales

En este apartado se presentan los resultados de los ahorros totales obtenidos por cambio a modos de transporte más eficiente tanto de pasajeros como de mercancías, incluyendo los ahorros conseguidos debido a efectos indirectos producidos en el sector.

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se ha aplicado los indicadores descritos en el primer apartado aplicando las variables del sector presentadas para el cálculo de los indicadores de cambio modal.

**Tabla 29. Resultados de ahorro energético por cambio modal en el modo aéreo en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	<b>Total ahorro por cambio modal</b>	<b>P12+P13</b>	<b>14,8</b>	<b>82,7</b>
	Pasajeros	P12	33,3	84,7
	Mercancías	P13	-18,5	-2,0
Base 2007 [ktep]	<b>Total ahorro por cambio modal</b>	<b>P12+P13</b>	<b>-54,4</b>	<b>5,6</b>
	Pasajeros	P12	-45,1	6,7
	Mercancías	P13	-9,3	-1,1

Según los indicadores “de cuota” P12 y P13 de la se han producido unos ahorros de 82,7 ktep por cambio modal con respecto al 2004, lo que supone un 0,2% sobre el consumo en energía final asociado al total de sector transporte Tabla 29.

Debido a la coyuntura de crisis económica que sufre España desde el año 2008, se ha visto reducido el crecimiento esperado en la cuota modal de transporte colectivo, lo cual ha incidido en que los ahorros por trasvase modal se hayan visto reducidos ya que el indicador de ahorro que se está considerando depende del tráfico total.

Figura 21. Evolución de los indicadores P12 relativos al cambio modal en el transporte de pasajeros en el período 2004-2010

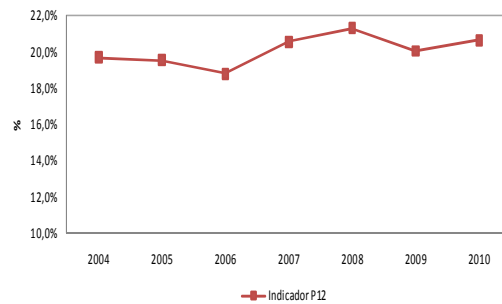
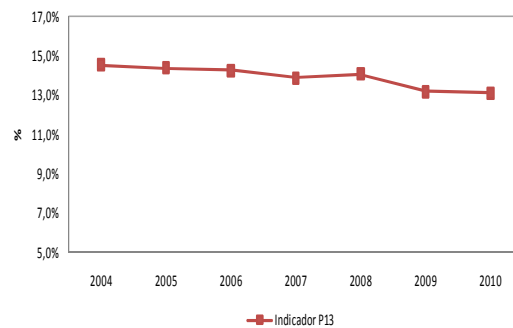


Figura 22. Evolución de los indicadores P13 relativos al cambio modal en el transporte de mercancías en el período 2004-2010



### 3. Planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)

Los Planes de Movilidad Urbana Sostenible (PMUS en adelante) persiguen impulsar una cultura de desplazamientos más sostenibles (a pie, bicicleta y transporte público), compatibles con el crecimiento económico, alcanzando con ello una mejor calidad de vida para los ciudadanos. La puesta en marcha los PMUS en España es reciente y, si bien se enmarca dentro de un marco estratégico bien definido a través de normas de actuación como el PEIT o el PAE, no hay un documento normativo como tal que prevea su implantación de forma obligatoria (salvo la excepción de Cataluña, ley 3/2003).

#### 3.1. Metodología de cálculo

Para calcular el efecto producido por la medida se han utilizado los reportes facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados gracias a las ayudas públicas destinadas a esta medida. Éstos resultan del sumatorio de los ahorros reportados cada año desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

$$BU_{pm} = \sum_i Ah_{pmus}$$

donde:

- $Ah_{pmus}$  : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación a la medida "PMUS"

#### 3.2. Variables clave en la movilidad urbana

En la Tabla 30 se exponen las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

**Tabla 30. Evolución de las variables específicas de “PMUS” en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Ahorro cada 100 bicicletas [tep]	9,32	9,32	9,32	9,32	9,32	IDAE
Bicicletas en funcionamiento [número]	-	5.285	6.883	6.883	6.883	IDAE
Inversión de IDAE en PMUS [k €]	-	9.602	17.048	11.551	8.962	IDAE

Bajo el epígrafe de “Inversión de IDAE en PMUS” se agrupan varios conceptos. Dichas inversiones incluyen las cantidades dedicadas a actuaciones como los “Planes de Movilidad Urbana (PMUS)” y los “Planes de transporte para empresas”, ya que estos últimos son parte integral de una correcta puesta en marcha de un PMUS en un municipio. Dentro de las actuaciones puestas en marcha se distingue entre varios tipos de iniciativas:

- Estudios integrales de movilidad sostenible
- Promoción de transporte urbano en bicicleta: diseño e implantación de la puesta en servicio de sistemas de bicicletas de uso público en ciudades preferiblemente de tamaño medio (ver Tabla 30).
- Estudios de viabilidad y experiencias piloto de actuaciones relacionadas con los PMUS
- Estudios de seguimiento de resultados de la implantación de medidas de movilidad urbana sostenible
- Cursos de formación de gestores de movilidad

### 3.3. Ahorros directos en la movilidad urbana

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido por esta medida en el periodo se ha aplicado el indicador  $BU_{pm}$  aplicando las variables del sector presentadas en la Tabla 31.

**Tabla 31. Resultados de ahorro energético de la medida “Planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)	$BU_{pm}$	725,6	860,0
Base 2007 [ktep]	Planes de movilidad urbana sostenible (PMUS)	$BU_{pm}$	429,0	563,4

La medida “PMUS” ha conseguido como puede apreciarse en la unos ahorros de 860,0 ktep en el período 2004-2010, lo que supone un 2,3% del consumo Tabla 31 total de energía final asociado al sector transporte en el año 2010.

## 4. Mayor participación de medios colectivos en el transporte por carretera

Esta medida busca lograr una mayor participación de los medios colectivos en el transporte por carretera, frente a la participación del turismo, mejorando tanto las infraestructuras del transporte público como la calidad del servicio.

### 4.1. Metodología de cálculo

El ahorro asociado al uso del transporte colectivo por carretera se ha calculado a partir del indicador  $P12$  propuesto por la Comisión Europea corregido, que relaciona

las variaciones de la cuota del transporte colectivo por carretera (bus) frente al transporte privado (turismo).

$$BU_{cc} = \left( \frac{T^{PaColCarr}}{T^{Pa}} \right)$$

donde:

- $T^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros por carretera
- $T^{PaColCarr}$  = Tráfico total de pasajeros en transporte colectivo por carretera (bus)

Por ejemplo, para el indicador  $BU_{cc}$  sería en el año 2010 con base 2004:

$$\text{Ahorros obtenidos por } P12 = \left( \frac{T_{2010}^{PaColCarr}}{T_{2010}^{Pa}} - \frac{T_{2004}^{PaColCarr}}{T_{2004}^{Pa}} \right) \cdot T_{2010}^{Pa} \cdot (UE_{2010}^{CA} - UE_{2010}^{PT})$$

donde:

- $T^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros por carretera
- $T_{public}^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros en transporte colectivo por carretera (bus)
- $UE^{CA}$  = Consumo unitario de vehículo turismo
- $UE^{PT}$  = Consumo unitario de transporte colectivo por carretera (bus)

#### 4.2. Variables clave de los medios colectivos transporte por carretera

En la Tabla 32 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

Tabla 32. Evolución de variables específicas de mayor participación de los medios colectivos en el transporte por Carretera en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Tráfico total de turismos [Mill pkm]	330.192	343.293	342.611	350.536	350.980	IDAE
Tráfico urbano de turismos [Mill pkm]	173.783	193.639	186.257	185.526	185.527	FOMENTO
Tráfico interurbano de turismos [Mill pkm]	156.409	149.654	156.354	165.010	165.453	IDAE
Tráfico total de buses [Mill pkm]	53.458	59.163	60.864	57.233	59.691	IDAE

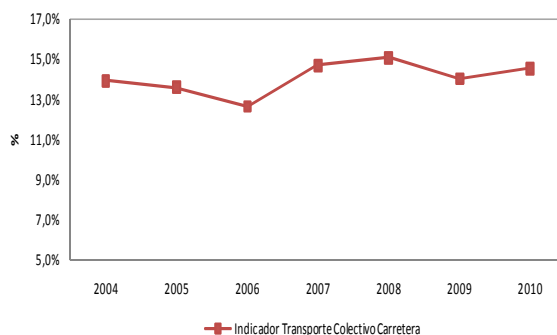
#### 4.3. Ahorros directos de los medios colectivos transporte por carretera

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido por esta medida en el periodo se ha aplicado al indicador  $BU_{cc}$  aplicando las variables del sector presentadas en la Tabla 33.

Tabla 33. Resultados de ahorro energético de la medida “Mayor participación medios colectivos transporte por carretera” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Mayor participación medios colectivos transporte por carretera	$BU_{cc}$	7,7	44,7
Base 2007 [ktep]	Mayor participación medios colectivos transporte por carretera	$BU_{cc}$	-50,3	-12,3

Figura 23. Evolución del indicador de la “Mayor participación medios colectivos transporte por carretera” en el periodo 2004-2010



La medida “Mayor participación de los medios colectivos en el transporte por Carretera” ha conseguido según los resultados de la Tabla 33 unos ahorros de 44,7 ktep en el período 2004-2010, lo que supone un 0,1% del consumo total de energía final en el sector Transporte en el año 2010.

Debido a la coyuntura de crisis económica que sufre España desde el año 2008, se ha visto reducido el crecimiento esperado en la cuota modal de transporte colectivo, lo cual ha incidido en que los ahorros por trasvase modal salen negativos ya que el indicador de ahorro que se está considerando depende del tráfico total.

## 5. Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano

La apuesta por una mejora de la participación del ferrocarril, tanto en el transporte interurbano de viajeros como en el de mercancías, se ha convertido en los últimos años en un objetivo prioritario del Gobierno de España.

Una mayor participación del ferrocarril en la actividad del transporte de mercancías facilita la consecución de los objetivos europeos en materia de emisiones. Sin embargo este crecimiento no se debe plantear de forma aislada, ya que debe ser el eje de un modelo de operación logística que combine de manera óptima cada medio de transporte.

Desde la Administración pública se han realizado grandes esfuerzos para que el ferrocarril tenga en 2020 un papel protagonista en el sector.

### 5.1. Metodología de cálculo

Para el cálculo de los ahorros se ha tomado como referencia los indicadores ascendentes  $P12$  y  $P13$  propuestos por la Comisión Europea corregidos de forma que se pueda diferenciar entre el transporte urbano e interurbano.



Respecto al transporte de pasajeros se han calculado los ahorros a partir de las variaciones de la cuota del transporte interurbano por ferrocarril<sup>1</sup> frente a otros modos de transporte. Relacionando las variaciones de cuota por el diferencial entre el consumo unitario del ferrocarril y el de los modos de transporte competitivos (carretera y aéreo) normalizado por el tráfico del año 2010.

$$BU_{fipas} = \left( \frac{T^{RPa}}{T^{Pa}} \right)$$

donde:

- $T^{Pa}$  = Tráfico total de pasajeros en modo ferroviario interurbano
- $T^{RPa}$  = Tráfico total de pasajeros interurbano

De forma similar, en el transporte de mercancías se han calculado los ahorros a partir de las variaciones de la cuota del transporte de mercancías por ferrocarril frente a otros modos. Dicha variación se ha multiplicado por el diferencial de consumos unitarios del ferrocarril y el consumo unitario medio ponderado de los modos de transporte competitivos (carretera y fluvial/cabotaje) normalizado por el tráfico en toneladas-km del año 2010.

$$BU_{fimer} = \left( \frac{T_{2004}^{RFr}}{T_{2004}^{Fr}} \right)$$

donde:

- $T^{Fr}$  = Tráfico total de mercancías en modo ferroviario interurbano
- $T^{RFr}$  = Tráfico total de mercancías interurbano

El ahorro total de la medida se obtendrá sumando los ahorros obtenidos por los indicadores  $BU_{fipas}$  y  $BU_{fimer}$ .

## 5.2. Variables clave del ferrocarril en el transporte interurbano

Tabla 34. Evolución de las variables de la medida “Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano” en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Consumo unitario turismos [gep/pkm]	36	38	37	35	35	N.A.
Consumo unitario BUS [gep/pkm]	61	60	60	59	59	IDAE
Consumo unitario AVIÓN [gep/pkm]	18	18	16	17	17	EP
Consumo unitario TREN [gep/pkm]	12	12	12	12	12	EP
Tráfico pasajeros interurbano BUS [Mill pkm]	47.286	52.953	54.795	51.343	53.555	IDAE
Tráfico pasajeros interurbano TURISMOS [Mill pkm]	156.409	149.654	156.354	165.010	165.453	IDAE
Tráfico pasajeros interurbano FERROCARRIL [Mill pkm]	10.767	11.698	13.917	13.659	14.561	INE
Tráfico pasajeros AVIÓN [Mill pkm]	20.641	25.933	22.237	20.343	20.206	FOMENTO
Inversión total de IDAE en la medida [€]	-	48.424	-	38.400	-	IDAE

<sup>1</sup> Excluyendo “Cercanías” por considerar que su ámbito de competencia es el transporte urbano y/o metropolitano

Se constata que el tráfico de pasajeros de autobús interurbano alcanzó su máximo en el año 2008 y que a partir de este año se inició una acusada disminución en el tráfico, sobre todo en el año 2009 (que tuvo valores inferiores al año 2007) con una ligera recuperación en el año 2010

En el caso de tráficos interurbanos de pasajeros por ferrocarril se detecta un salto cuantitativo debido a la entrada en servicio de nuevos trayectos de Alta Velocidad, especialmente el trayecto Madrid-Barcelona. Por el contrario, el tráfico de trenes de velocidad normal (regional y larga distancias) ha experimentado crecimientos limitados o negativos.

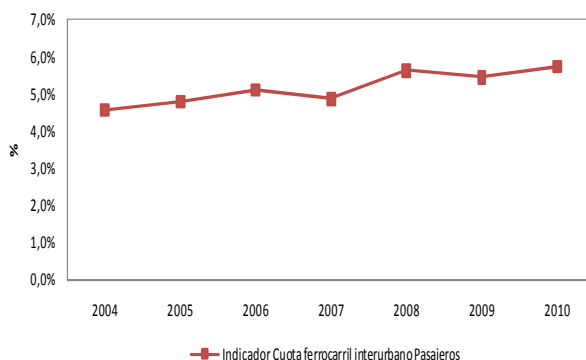
### 5.3. Ahorros directos del ferrocarril en el transporte interurbano

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido por esta medida en el periodo se ha aplicado a los indicadores descritos  $BU_{fipas}$  y  $BU_{fimer}$  en la Tabla 35 en el primer apartado aplicando las variables del sector presentadas.

Tabla 35. Resultados de ahorro energético de la medida “Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Transporte ferrocarril	$BU_{fipas}+BU_{fimer}$	63,2	85,4
	Transporte ferrocarril de mercancías	$BU_{fimer}$	-	-
	Transporte ferrocarril de pasajeros	$BU_{fipas}$	63,2	85,4
Base 2007 [ktep]	Transporte ferrocarril	$BU_{fipas}+BU_{fimer}$	42,3	64,1
	Transporte ferrocarril de mercancías	$BU_{fimer}$	-	-
	Transporte ferrocarril de pasajeros	$BU_{fipas}$	42,3	64,1

Figura 24. Evolución del indicador de la medida “Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano” para pasajeros en el periodo 2004-2010



Como se puede apreciar en la Tabla 35 la medida “Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano” ha producido en su conjunto ahorros positivos tanto en base 2004 como 2007 para el 2010. Respecto al transporte de pasajeros en 2010 con base 2004 se han obtenido 85,4 ktep de ahorro directo en 2010, lo que supone un 6,9% del consumo de transporte de en modo ferrocarril. Con base 2007 estos valores se corresponden con 64,1 ktep y 5,3 % respectivamente.

Respecto al transporte mercancías no se han calculado ahorros, ya que la significativa caída del tráfico de mercancías por ferrocarril por la coyuntura económica provoca que el consumo unitario energético del ferrocarril sea superior al de la carretera por su fórmula de cálculo en base al tráfico.

## 6. Mayor participación del modo marítimo en transporte de mercancías

La consecución de los objetivos de esta medida pasa por la consolidación de los puertos como nodos intermodales de referencia, que sirvan de apoyo al progresivo despliegue de la red intermodal de mercancías. Para ello las autoridades portuarias deben actuar como agentes de referencia para el desarrollo de instalaciones logísticas intermodales no sólo en la zona de servicio de los puertos, sino en el interior, participando activamente en la consolidación del eslabón ferroviario dentro de la cadena intermodal.

Para el cálculo de los ahorros se ha tomado como referencia al indicador ascendente P13 propuesto por la Comisión Europea, al ser necesaria la cooperación entre el ferrocarril y el transporte marítimo para incrementar la penetración. El indicador P13 se encuentra descrito en el apartado correspondiente al cambio modal.

### 6.1. Gestión de flotas de transporte por carretera

Con esta medida, se pretende impulsar el uso generalizado de las nuevas aplicaciones telemáticas y otras herramientas de gestión de flotas por parte de todas las empresas de transporte por carretera, bien sean de transporte de mercancías, bien sean de transporte colectivo de viajeros.

La medida contempla, principalmente, programas de promoción y formación, así como sistemas de apoyos a las empresas que tengan implantada la gestión de flotas con criterios de eficiencia energética.

### 6.2. Metodología de cálculo

A pesar de que la medida considera tanto flotas de transporte de mercancías como de pasajeros por carretera, por simplificación y disponibilidad de datos, se ha tenido en cuenta solamente los Sistemas de Gestión de Flotas (SGF en adelante) implantados dentro de las empresas de transporte de mercancías por carretera dentro del “Programa Cooperación IDAE-CCAA”. A la hora de cuantificar los resultados del mecanismo se han descartado todas aquellas medidas que no proporcionan ahorros directos cuantificables, como por ejemplo los apoyos para la realización de auditorías o la formación asociada a la gestión de flotas.

Los ahorros derivados de las ayudas a la implantación de sistemas de gestión de flotas (SGF de ahora en adelante) se han cuantificado de la siguiente forma:

$$\text{Ahorro obtenido por } BU_{gf} = F_{av} \cdot UE^{TLV} \cdot S_{ims} \cdot S_{TLVe}$$

donde:

- $UE^{TLV}$  = Consumo unitario de los camiones y vehículos ligeros.
- $F_{av}$  = Porcentaje de ahorro sobre el consumo unitario al disponer de SGF
- $S_{ims}$  = SGF implantados por las CCAA
- $S_{TLVe}$  = Stock de camiones y vehículos ligeros medio por empresa que implanta un SGF

Una vez obtenido el dato del valor de ahorro energético al implantar un SGF para cada año (tep/km), se multiplica por la distancia media por vehículo (camiones y vehículos ligeros) para cada año. El ahorro durante un determinado período, por tanto, se corresponderá con la acumulación del ahorro en tep/año por implantación de un SGF normalizado por la distancia recorrida en el año de finalización del período de medición.

### **Variables clave de la gestión de flotas de transporte por carretera**

En la Tabla 36 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

**Tabla 36.** Evolución de Variables específicas de la medida “Gestión de flotas de transporte por carretera” en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Número de sistemas de SGF implantados [%]	-	32	22	97	127	IDAE
Inversión total de IDAE en la medida [miles €]	-	597	1.580	1.847	2.355	IDAE

### **Ahorros directos de la gestión de flotas de transporte por carretera**

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido por esta medida en el periodo se ha aplicado al indicador  $BU_{gf}$  las variables del sector presentadas en la Tabla 36.

**Tabla 37.** Resultados de ahorro energético de la medida “Gestión de flotas por carretera” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Gestión de flotas por carretera	$BU_{gf}$	0,8	1,3
Base 2007 [ktep]	Gestión de flotas por carretera	$BU_{gf}$	0,6	1,2

Los ahorros obtenidos por la medida “Gestión de flotas de transporte por carretera” tal y como muestra la Tabla 37 en 2010 respecto a la situación de 2004 son en términos absolutos de 1,3 ktep, representando un ahorro porcentual de 0,01% sobre el consumo en energía final asociado al transporte de mercancías por carretera.

## **7. Conducción eficiente de Vehículos privados**

En los últimos años la tecnología de los vehículos ha evolucionado de forma significativa, sin embargo, la forma de conducirlos ha permanecido prácticamente invariable. La medida busca corregir esta situación, aportando un nuevo estilo de conducción acorde con la nueva tecnología. El manejo eficiente contribuye a reducir el consumo de combustible, las emisiones al medio ambiente y además mejora la seguridad. Esta medida incluye el objetivo de implantar las técnicas de conducción eficiente tanto para nuevos conductores como para conductores expertos de vehículos turismo.

### **7.1. Metodología de cálculo**

El ahorro derivado de esta medida se ha asociado al ahorro directo derivado de los cursos de conducción eficiente de IDAE para conductores y formadores. El cálculo de los ahorros asociados a esta medida se ha realizado por medio de un indicador ascendente a partir de la reducción del consumo unitario.

$$BU_{cet} = UE^{CAFormado}$$

donde:

- $UE^{CAFormados}$  = Consumo medio unitario de los turismos conducidos por conductores formados

Para el cálculo de dicho indicador se han tomado una serie de consideraciones ó hipótesis:

- Se contabiliza el número de alumnos y formadores formados a 1 de enero del año de impartición de los cursos de formación.
- Alumnos y formadores componen el número total de conductores que mejoran su comportamiento en la conducción tras los cursos.
- Se asume un factor de mejora en el consumo unitario sobre el consumo técnico medio de los vehículos de un 15%.
- Se ha asumido el ratio 1:5 para calcular los ahorros de un formador formado frente a los de un conductor normal.

Se han cuantificado los ahorros derivados de de la siguiente forma:

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{cet} = (UE^{CA} - UE^{CAFormado}) \cdot D_{i}^{av.km.CA} \cdot S_{alumnos}$$

donde:

- $UE^{CA}$  = Consumo medio unitario de los turismos
- $UE^{CAFormados}$  = Consumo medio unitario de los turismos conducidos por conductores formados
- $S_{alumnos}$  = Número de alumnos equivalentes formados
- $D_{i}^{av.km.CA}$  = Distancia media recorrida por turismo

## 7.2. Variables clave de la conducción eficiente de turismos

En la Tabla 38 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

Tabla 38. Evolución de las variables específicas de la medida “Conducción eficiente de turismos” en el periodo 2004-2010

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Alumnos equivalentes formados [número]	-	7.500	13.274	34.735	31.458	73.878	79.515	IDAE
Inversión total de IDAE en la medida [miles €]	-	600	1.025	2.172	3.368	4.117	3.324	IDAE

## 7.3. Ahorros directos de la conducción eficiente de turismos

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido por esta medida en el periodo se ha aplicado al indicador  $BU_{cet}$  aplicando las variables presentadas en la Tabla 39.

Tabla 39. Resultados de ahorro energético de la medida “Conducción eficiente de turismos” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Conducción eficiente turismos	$BU_{cet}$	36,1	53,5
Base 2007 [ktep]	Conducción eficiente turismos	$BU_{cet}$	23,5	40,9

Como se puede apreciar en la Tabla 39 respecto a la situación de 2004 los ahorros son de 53,5 ktep, representando un ahorro porcentual de 0,43% sobre el consumo en energía final asociado a los turismos.

## 8. Conducción eficiente de vehículos industriales

El consumo energético del sector del transporte profesional por carretera (pasajeros y mercancías) tiene una notable incidencia en el total nacional. Resulta prioritario aumentar la eficiencia energética en el sector y reducir sus requerimientos energéticos, con el fin de mejorar su competitividad y sostenibilidad. Un estilo de conducción eficiente representa un medio de bajo coste y gran eficacia para las empresas del sector al conseguir una reducción de consumo de combustible y sus costes asociados.

La importancia de la conducción eficiente ha impulsado a la Comisión Europea a incluir en su Directiva 2003/59/CE del 15 de julio de 2003, entre otras, la optimización del consumo de carburante en los programas de enseñanza tanto en la formación inicial como en la continua de los conductores profesionales. Adicionalmente, la medida contempla el establecimiento de un sistema reconocido de certificación de calidad de las empresas dedicadas al transporte de viajeros y mercancías por carretera en función de dicha formación de sus conductores.

### 8.1. Metodología de cálculo

El ahorro derivado de esta medida se ha asociado derivado de los cursos de conducción eficiente de IDAE para conductores y formadores. El cálculo se ha realizado por medio de un indicador ascendente a partir de la reducción del consumo unitario derivado de los cursos de conducción.

$$BU_{cec} = UE^{TLVFormado}$$

donde:

- $UE^{TLVformados}$  = Consumo medio unitario de los camiones y vehículos ligeros por conductores formados

Para el cálculo de dicho indicador se han tomado una serie de consideraciones / hipótesis:

- Se contabiliza el número de alumnos y formadores formados a 1 de enero del año de impartición de los cursos de formación.
- Alumnos y formadores componen el número total de conductores que mejoran su comportamiento en la conducción tras los cursos.
- Se asume un factor de mejora en el consumo unitario sobre el consumo técnico medio de los vehículos de un 15%.
- Se ha asumido el ratio 1:5 para calcular los ahorros de un formador formado frente a los de un conductor normal.

Se han cuantificado los ahorros derivados de de la siguiente forma:

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{cec} = (UE^{TLV} - UE^{TLVFormado}) \cdot Di_i^{av.kmTLV} \cdot S_{alumnosTLV}$$

donde:

- $UE^{TLV}$  = Consumo medio unitario de los camiones y vehículos ligeros
- $UE^{TLVformados}$  = Consumo medio unitario de los camiones y vehículos ligeros por conductores formados
- $S_{alumnosTLV}$  = Número de alumnos equivalentes formados
- $Di_i^{av.kmTLV}$  = Distancia media recorrida por camión y vehículo ligero

### 8.2. Variables clave de la conducción eficiente de camiones

En la Tabla 40 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

**Tabla 40.** Evolución de las variables específicas de la medida Conducción eficiente de camiones en el periodo 2004-2010

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Alumnos equivalentes formados [número]	-	-	4.785	13.253	15.748	45.146	49.795	IDAE
Inversión total de IDAE en la medida [miles €]	-	-	1.206	2.215	2.594	3.465	2.919	IDAE

### 8.3. Ahorros directos de la conducción eficiente de camiones

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido por esta medida en el periodo se ha aplicado al indicador BU<sub>cec</sub> aplicando las variables del sector presentadas en la Tabla 41.

**Tabla 41.** Resultados de ahorro energético de la medida “Conducción eficiente de camiones” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Conducción eficiente transporte carretera	$BU_{cec}$	41,2	60,6
Base 2007 [ktep]	Conducción eficiente transporte carretera	$BU_{cec}$	31,6	52,0

Como se puede apreciar en la Tabla 41 respecto a la situación de 2004 son de 60,6 ktep, representando un ahorro porcentual de 0,4% sobre el consumo en energía final asociado a los camiones y vehículos ligeros. En 2009 estos valores se corresponden con 52,0 ktep y 0,4% respectivamente.

## 9. Renovación del parque automovilístico de turismos

La renovación del parque automovilístico permite aprovechar las ventajas de la mayor eficiencia energética de los vehículos nuevos. A la hora de entender el ahorro energético a través de la renovación del parque existen dos tipos de mecanismos o actuaciones, aquellos destinados a impulsar mejoras tecnológicas de reducción del consumo y de las emisiones, y aquellos orientados a incentivar la compra de vehículos más eficientes. Entre los mecanismos más importantes de impulso a la renovación del parque de turismos destacan:

- Directivas y Reglamentos Europeos relacionados: como por ejemplo el “Reglamento (ce) 443/2009 del Parlamento Europeo y del Consejo” de 23 de abril de 2009, por el que se establecen normas de comportamiento en materia de emisiones de los turismos nuevos como parte del enfoque integrado de la Comunidad para reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos ligeros.
- Mecanismos de apoyo nacionales: como la discriminación fiscal del impuesto de matriculación de los vehículos en función de sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

- Planes de impulso a la compra de nuevos vehículos.
  - Plan Prever (1997-2007)
  - Plan VIVE (2008-2010)
  - Plan 2000E (2010)
  - Proyecto Piloto demostrativo del vehículo eléctrico MOVELE

Las ayudas a la compra de nuevos turismos se materializan a través de convenios o acuerdos de colaboración entre el IDAE y las diferentes Comunidades Autónomas y otros organismos (ICO, Hacienda, etc.). Cualquier entidad o persona física o jurídica, de naturaleza pública o privada pueden ser posibles beneficiarios de los planes asociados a esta medida.

### 9.1. Metodología de cálculo

A la hora de realizar los cálculos asociados a la cuantificación de la medida se han utilizado indicadores de tipo ascendente.

#### *Renovación natural del parque de turismos*

Este indicador, denominado  $BU_{pr1}$ , mide los ahorros derivados de la introducción, en el parque, de un nuevo turismo (sin impulsar su compra a través de ningún plan), bien para sustituir un vehículo del parque (produce una baja) o bien incrementándolo.

El primer sumando hace referencia al ahorro producido por los vehículos que cuya adquisición es para una sustitución. Mientras el segundo se corresponde con el ahorro de los vehículos nuevos cuyo efecto es incrementar el parque de turismos.

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{pr1} = N_{sus} \cdot UE_{sus} + N_{in} \cdot UE_{in}$$

donde:

- $N_{sus}$  = Número de nuevas matriculaciones que suplen a una baja. No se incluyen nuevas matriculaciones derivadas de un plan de sustitución de turismos
- $UE_{sus}$  = Ahorro unitario por turismo nuevo que forma parte de una sustitución
- $N_{in}$  = Número de nuevas matriculación que incrementan el parque (diferencia entre bajas y altas, si existe). No se incluyen nuevas matriculaciones derivadas de un plan de sustitución de turismos
- $UE_{in}$  = Ahorro unitario por turismo nuevo que incrementa el parque (diferencia entre bajas y altas, si existe)

#### *Planes de sustitución de turismos*

Los resultados obtenidos por estos indicadores ( $BU_{pr2}$ ,  $BU_{pr3}$  y  $BU_{pr4}$ ) miden los ahorros alcanzados por la sustitución de turismos a través de algún plan de impulso a la compra de turismos nuevos.

$$\text{Ahorros obtenidos por Plan } x = N_x \cdot UE_x$$

donde:

- $N_x$  = Número de operaciones realizadas en el plan de renovación de turismos "x"
- $UE_x$  = Ahorro unitario por turismo nuevo que forma parte de un plan de sustitución

Los planes de sustitución de vehículos considerados en el presente estudio coinciden en algún momento con el período 2004-2010:



Plan	Indicador	Año inicio	Año fin
Plan PREVER <sup>2</sup>	$BU_{pr2}$	1997	2007
Plan VIVE	$BU_{pr3}$	2008	2010
Plan 2000E	$BU_{pr4}$	2010	2010

### Electrificación del parque de turismos

Este indicador  $BU_{pr5}$  mide los ahorros obtenidos por la introducción tanto vehículos híbridos como eléctricos dentro del parque de turismos sin considerar las sustituciones.

Al igual que el indicador  $BU_{pr1}$  ascendentes descritos, éste se ha estructurado en dos sumandos. Haciendo referencia al perímetro de ahorro producido por los vehículos híbridos y el segundo de ellos al ahorro producido por los vehículos eléctricos.

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{pr5} = N_h \cdot UE_h + N_e \cdot UE_e$$

donde:

- $N_h$  = Número de vehículos híbridos nuevos
- $UE_h$  = Ahorro unitario por vehículo híbrido nuevo que se incorpora al parque
- $N_e$  = Número de vehículos eléctricos nuevos
- $UE_e$  = Ahorro unitario por vehículo eléctrico nuevo que se incorpora al parque

Para el cálculo de estos indicadores se han realizado una serie de consideraciones recogidas a continuación. Para los vehículos que forman parte de una sustitución el ahorro se corresponde con la diferencia entre el consumo unitario del vehículo nuevo tipo y el consumo unitario medio de las nuevas matriculaciones en los años mínimos exigidos para la baja de un vehículo en el plan. En el caso de los turismos que no forman parte de ninguna sustitución, el ahorro unitario se ha calculado como la diferencia entre el consumo del vehículo nuevo tipo y el consumo unitario medio del parque en el año de referencia. Se ha considerado un período de rotación medio de 10 años por vehículo.

### Proyectos estratégicos

Para contabilizar el efecto producido por los Proyectos estratégicos implantados por el IDAE dentro de la medida “Renovación del parque de turismos” se han utilizado los reportes facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados mediante las ayudas públicas destinadas a tal uso. Los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros reportados cada año desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

$$BU_{pr6} = \sum_i Ah_{renturismos}$$

donde:

- $Ah_{renturismos}$ : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación a la medida “Renovación del parque de turismos”

### Ahorro total de la medida

Para obtener el ahorro total en un año determinado se han acumulado estos ahorros por distancia recorrida desde el año de referencia, multiplicando finalmente por los

<sup>2</sup> El marco temporal considerado para este plan es 2004-07

kilómetros realizados en el año de medición, tal y como se indica en la siguiente fórmula:

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU_{rp} = \sum_{\text{año base} = t}^{t=i} (UE_t^x \cdot O_t^x) \cdot D_i$$

donde:

- $UE_t^x$  = Ahorro unitario por turismo en función de la tipología de sustitución
- $D_i$  = Distancia media recorrida por turismos en el año
- $O_t^x$  = Número de operaciones año (operaciones por plan de sustitución, número de matriculaciones de vehículos híbridos,...)

## 9.2. Variables clave de la renovación del parque de turismos

En las tablas siguientes se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

**Tabla 42.** Evolución de las variables específicas de la medida “Renovación del parque de turismos” en el periodo 2004-2010 - Renovación natural del parque

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Nuevas matriculaciones [número]	1.653.798	1.633.774	1.185.407	971.094	990.000	DGT
Bajas [número]	800.000	887.395	734.638	937.297	750.000	DGT
Operaciones planes de sustitución [número]	455.623	329.687	720	100.940	200.000	N.A.
Venta de vehículos eléctricos e híbridos [número]	600	2.000	2.000	5.400	7.190	N.A.
Ahorro por vehículo que sustituye base 2004 [gep/km]	5,44	4,34	4,05	4,57	5,05	N.A.
Ahorro vehículo incrementa parque base 2004 [gep/km]	13,49	13,68	13,75	15,53	16,79	N.A.
Ahorro vehículo incrementa parque base 2007 [gep/km]	-	-	0,07	1,86	3,12	N.A.

**Tabla 43.** Evolución de las variables específicas de la medida “Renovación del parque de turismos” en el periodo 2004-2010 - Planes de sustitución de turismos

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Operaciones realizadas Plan Vive [número]	-	-	360	50.470	-	MYTIC
Operaciones realizadas Plan Prever [número]	455.623	329.687	360	50.470	-	MYTIC
Operaciones realizadas Plan 2000E [número]	-	-	-	-	200.000	MYTIC

**Tabla 44.** Evolución de las variables específicas de la medida “Renovación del parque de turismos” en el periodo 2004-2010 - Electrificación del parque móvil

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Venta de vehículos eléctricos [número]	-	-	-	448	947	IDAE
Venta de híbridos [número]	600	2.000	2.000	5.400	7.190	IDAE

**Tabla 45. Evolución de las variables específicas de la medida “Renovación del parque de turismos” en el periodo 2004-2010 - Proyectos estratégicos de IDAE**

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Número de actuaciones [actuaciones]	-	916	2.131	-	-	IDAE
Inversión total de IDAE en la medida [miles €]	-	1.133	4.120	4.614	4.809	IDAE

### 9.3. Ahorros directos de la renovación del parque de turismos

El cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo analizado para “Renovación del parque de turismos” se ha realizado a partir de los indicadores ascendentes citados en los apartados precedentes.

**Tabla 46. Resultados de ahorro energético de la medida “Renovación del parque de turismos” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Renovación del parque de turismos	$\Sigma BU_{rpi}$	774,9	873,5
	Renovación natural del parque de turismos	$BU_{rp1}$	654,4	737,1
	Plan PREVER	$BU_{rp2}$	110,4	110,1
	Plan VIVE	$BU_{rp3}$	3,6	3,6
	Plan 2000E	$BU_{rp4}$	-	12,8
	Electrificación del parque	$BU_{rp5}$	4,6	7,2
	Programa Cooperación IDAE-CCAA + Proyectos estratégicos	$BU_{rp6}$	1,9	2,7
Base 2007 [ktep]	Renovación del parque de turismos	$\Sigma BU_{rpi}$	177,5	277,9
	Renovación natural del parque de turismos	$BU_{rp1}$	170,3	254,5
	Plan PREVER	$BU_{rp2}$	-	-
	Plan VIVE	$BU_{rp3}$	3,6	3,6
	Plan 2000E	$BU_{rp4}$	-	12,8
	Electrificación del parque	$BU_{rp5}$	2,6	5,2
	Programa Cooperación IDAE-CCAA + Proyectos estratégicos	$BU_{rp6}$	1,0	1,8

En términos absolutos los ahorros obtenidos en 2010 respecto a la situación de 2004 son de 873,5 ktep tal y como puede apreciarse en la Tabla 46, representando un ahorro porcentual del 7,04% sobre el consumo en energía final asociado a los turismos del parque circulante.

## 10. Renovación de flotas de transporte por carretera

La medida busca el logro de ahorros energéticos a través de introducir vehículos más eficientes en las flotas de transporte colectivo de pasajeros y de mercancías.

### 10.1. Metodología de cálculo

Para calcular el efecto producido por la medida se han utilizado los reportes anuales facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados mediante las ayudas públicas destinadas a esta medida.

Los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros reportados cada año desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida normalizados por la distancia media recorrida por camiones y vehículos ligeros.

$$BU_{rf} = \sum_i Ah_{renflotas}$$

donde:

- $Ah_{renflotas}$ : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación a la medida “Renovación de flotas de transporte por carretera”

## 10.2. Variables clave de la renovación flota de transporte por carretera

En la Tabla 47 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

Tabla 47. Variables específicas de Renovación flota de transporte por carretera

	2004	2007	2008	2009	2010	FUENTE
Nº de actuaciones IDAE [número]	-	154	97	241	203	IDAE
Inversión total de IDAE en la medida [miles €]	-	2.215	2.594	3.465	2.919	IDAE

## 10.3. Ahorros directos de la renovación flota de transporte por carretera

Tabla 48. Resultados de ahorro energético de la medida “Renovación de flotas de transporte por carretera” en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Renovación de flotas de transporte por carretera	$BU_{rf}$	0,2	0,2
Base 2007 [ktep]	Renovación de flotas de transporte por carretera	$BU_{rf}$	0,2	0,2

Finalmente, según los resultados obtenidos en la Tabla 48 , los ahorros obtenidos por la medida “Renovación de flotas de transporte por carretera” en 2010 respecto a la situación de 2004 son de 0,2 ktep en términos absolutos.

## 11. Ahorros obtenidos en el sector transporte a 2010

El sector transporte ha alcanzado unos ahorros de 6.586,9 ktep en el período 2004-2010. Estos ahorros han venido conseguidos en su mayor parte por el modo carretera (6.837,3ktep), especialmente por el transporte de mercancías que compensa los valores negativos de los modos ferrocarril y aéreo. El modo marítimo aporta ahorros positivos de 52,3 ktep y los correspondientes al cambio modal ascienden a 82,7 ktep.

Tabla 49. Resultados de ahorro energético total del sector transporte en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 04 [ktep]	Sector Transporte	$\sum Ah. \text{ por modo}$	5.255,2	6.586,9
	Modo carretera	$BU_{rp} + BU_{cet} + A2 + PB$	5.490,1	6.837,3
	Modo ferrocarril	$P10 + P11$	-337,1	-317,4
	Modo marítimo	$M7$	131,9	52,3
	Modo aéreo	$Mav$	-44,5	-68,0
	Cambio modal	$P12 + P13$	14,8	82,7
Base 07 [ktep]	Sector Transporte	$\sum Ah. \text{ por modo}$	3.351,5	4.561,1
	Modo carretera	$P8 + A2 + PB$	3.710,9	4.910,4
	Modo ferrocarril	$P10 + P11$	-234,6	-206,7
	Modo marítimo	$M7$	-45,9	-99,9
	Modo aéreo	$Mav$	-24,4	-48,3
	Cambio modal	$P12 + P13$	-54,4	5,6

A continuación se exponen los posibles efectos indirectos y ahorros no cuantificables producidos en el sector transporte y los riesgos de doble contabilidad que se pueden dar en los ahorros.

### 11.1. Efectos indirectos

En relación a los posibles efectos indirectos que han podido observarse cabe destacar los siguientes en cada uno de los modos estudiados:

#### Modo carretera

En la medida “Gestión de flotas por carretera” la complejidad de disponer de información sobre ahorro relativo a decisiones internas de empresas particulares, ha derivado en que el ahorro relativo de la medida se limite al mecanismo “Programa Cooperación IDAE-CCAA”. Por consiguiente no ha sido posible contabilizar todos los SGF implantados en España en el período 2004-2010.

Respecto a la medida “Conducción eficiente de turismos”, la complejidad de medir ahorros asociados al comportamiento de los ciudadanos ha provocado que solo se haya contabilizado el ahorro directo derivado de los cursos de conducción eficiente fomentados por el IDAE. Como consecuencia existen una serie de efectos indirectos asociados a esta medida que no han sido cuantificados, como por ejemplo:

- La mejora de la conducción eficiente motivada por las campañas de comunicación y difusión.
- Los efectos asociados a la coyuntura económica tales como la subida del precio del petróleo o la pérdida del poder adquisitivo.
- Una mayor eficiencia en la conducción debido a la progresiva penetración en el parque de automóviles de ordenadores de a bordo, GPS y otros tipos de sistemas que facilitan al conductor la medición del consumo del turismo en

tiempo real, así como la selección del tipo de conducción en función del tipo de carretera.

- La mejora de la conducción derivada de los descensos en los límites de velocidad de las carreteras, así como el mayor control para su cumplimiento.

Del mismo modo, en la medida “Conducción eficiente de vehículos industriales” solo se haya medido el ahorro directo derivado de los cursos de conducción eficiente fomentados por IDAE para conductores y formadores. Por consiguiente existen una serie de efectos indirectos y no cuantificables como son:

- La conducción más eficiente debido a la implantación en las empresas de transporte de sistemas de gestión de flotas, aunque su efecto que en parte es medido en la medida “Gestión de flotas de transporte por carretera”.
- La implantación de sistemas de retribución variable para los empleados en función de su consumo energético asociado.

El ahorro conseguido en la medida “Renovación del parque automovilístico de turismos” viene determinado, fundamentalmente, por el número de turismos nuevos, y su consumo unitario. Por consiguiente se han identificado efectos indirectos asociados a la actual situación de recesión económica. Como por ejemplo la bajada en las matriculaciones de vehículos más eficientes a partir de 2008. Sin embargo, la situación económica y el incremento en el precio del combustible también afectan de forma positiva al incluir la venta de vehículos más pequeños y ligeros.

### ***Modo ferrocarril***

Respecto al modo ferroviario se consideran como efectos no cuantificados los resultados alcanzados por los mecanismos donde no se han podido contabilizar los ahorros directos como son el “Plan estratégico de infraestructuras y transporte 2005-2020 (PEIT)” y la “Estrategia española de Movilidad Sostenible”.

### ***Modo marítimo***

No ha sido posible contabilizar en el modo marítimo los ahorros producidos por la medida relacionada con el transporte de mercancías, “Renovación de flota marítima”. Esta iniciativa pretende introducir barcos más eficientes en las flotas de las compañías a través de la instalación de hélices más eficientes, dispositivos para regular el consumo de gasóleo o el uso de un motor dual gas/fuel.

Así mismo, también se consideran como ahorros no cuantificados los producidos por los “Programas de difusión y comunicación del IDAE”, el “Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011 (31 Medidas)” y “Plan estratégico de infraestructuras y transporte 2005-2020 (PEIT)”.

### ***Modo Aéreo***

Se consideran como ahorros no cuantificados los producidos por las siguientes medidas y mecanismos:

- Gestión de flotas de aeronaves: en los últimos años las compañías han tratado de disminuir el número de las operaciones para mantener los factores de ocupación en un nivel aceptable. Además se han re-planificado las frecuencias de vuelos en determinadas rutas.
- Conducción eficiente en el sector aéreo implantando técnicas de pilotaje de aeronaves, que permitan conseguir sustanciales ahorros de energía por medio de formación, promoción de cursos para pilotos, y la firma de acuerdos con las compañías para la introducción en sus procedimientos de protocolos de eficiencia.

- Renovación de flota aérea a través de la evolución tecnológica natural de las aeronaves.
- Otras iniciativas desarrolladas por el IDAE no contabilizadas como son los “Programa Cooperación IDAE-CCAA”, los “Programas de comunicación y difusión” y el “Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011”.

### ***Cambio modal***

Existen varios efectos indirectos que influyen en la cuota de transporte colectivo (bus, metro y ferrocarril) relacionados con la coyuntura económica, como son las variaciones del precio del combustible y la tasa de paro. También existe un efecto inducido cuando aquellas personas que se desplazan a pie o en bicicleta de forma habitual, pasan a desplazarse en transporte colectivo con la puesta en marcha de infraestructura de transporte público en su zona, incrementado por tanto su consumo energético.

La mayor participación de la alta velocidad dentro del transporte de pasajeros por ferrocarril puede tener el efecto rebote de potenciar el transporte colectivo de pasajeros por carretera. La puesta en marcha de un trayecto de alta velocidad suele llevar asociado un proceso de “canibalización” de cuota entre ésta y el tren de velocidad normal. Ante esta situación el autobús puede convertirse en la mejor alternativa de transporte para colectivos de poder adquisitivo reducido.

Por su alcance y enfoque multimodal se puede definir un alto nivel de equivalencia entre el mecanismo “Plan estratégico de infraestructuras y transporte 2005-2020 (PEIT)” y la medida “Gestión de Infraestructuras de transporte”. El PEIT busca potenciar el transporte público, incrementar la cuota del ferrocarril para pasajeros y mercancías, mayor peso del transporte marítimo y de cabotaje y mayor intermodalidad de todo el sistema. Por su parte la “Gestión de Infraestructuras de transporte” no ha sido cuantificada por su amplitud, su intangibilidad y para evitar doble contabilidad con muchas de las medidas del PAE+, especialmente las dedicadas a conseguir un cambio modal.

### **11.2. Doble contabilidad**

A lo largo del cálculo de los ahorros asociados a distintas medidas y mecanismos se ha ido identificando y minimizado los posibles riesgos de doble contabilización.

En la cuantificación de los ahorros asociados a las llamadas medidas de cambio modal existe un riesgo de doble contabilización con otras:

- En la “Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano” se propone la potenciación del transporte por ferrocarril de pasajeros (transporte colectivo), lo que también se menciona en la medida “Planes de Movilidad Urbana Sostenible”. No obstante, los Planes tienen un ámbito urbano y/o metropolitano con lo que la exclusión de los trenes de cercanías evita esa doble contabilización.
- La elaboración de “Planes de Transporte en Empresas y Centros de Actividad” por parte de las empresas de un municipio son parte integral de una correcta puesta en marcha de un PMUS.
- Existe un riesgo de doble contabilización si se agregan los ahorros de la medida “PMUS” a los ahorros de la medida “Mayor participación medios colectivos transporte por carretera” en lo referente a un mayor uso del transporte colectivo urbano por carretera (bus urbano) por ser común a ambas medidas.

Podría existir la posibilidad de una doble contabilidad entre la “Gestión de flotas de transporte por carretera” y las medidas de conducción eficiente (“Conducción eficiente de vehículos privados e industriales”), ya que en muchos casos la mejora en la conducción va asociada tanto a un cambio de comportamiento como a la utilización de herramientas y sistemas de ayuda. Sin embargo, la cuantificación de estos ahorros se ha limitado al mecanismo “Programa Cooperación IDAE-CCAA” medido con un indicador ascendente, lo que evita la doble contabilización.

Dentro de la medida “Renovación del parque automovilístico de turismos” existe una leve doble contabilidad, ya que dentro del consumo unitario promedio de las nuevas matriculaciones se incluyen también el consumo de los vehículos híbridos y eléctricos. Sin embargo su efecto es casi insignificante teniendo en cuenta que la cuota de ventas esta tipología de vehículos muy baja respecto a la de los turismos de combustión convencionales.

Se ha mitigado también el riesgo de doble contabilización al agregar los ahorros del indicador *P12* a los ahorros de la medida “Mayor participación del ferrocarril en el transporte interurbano” en lo referente transporte de pasajeros por ferrocarril por ser común a los indicadores que miden ambas medidas.

BORRADOR 02.06.2011



## IV.SECTOR EDIFICIOS

### 1. Resumen de ahorros del sector edificios

#### EL SECTOR EDIFICIOS

Los ahorros energéticos obtenidos durante el período 2004-2010 en el sector edificios se deben esencialmente a las mejoras efectuadas en la envolvente térmica de los edificios, en la iluminación y el equipamiento. El consumo de energía final de este sector en 2010 fue de 24.391 ktep, un 26,1% del total nacional.

#### Consumos del sector

	Energía final 2010 [ktep]	Energía primaria 2010 [ktep]	Emisiones CO <sub>2</sub> 2010 [ktCO <sub>2</sub> ]
<b>TOTAL CONSUMOS SECTOR EDIFICIOS</b>	<b>24.391,7</b>	<b>41.202,6</b>	<b>88.084,4</b>
USO ENVOLVENTE TÉRMICA E INST. TERMICAS	17.333,6	24.955,6	54.896,1
USO ILUMINACIÓN	2.333,7	5.840,6	11.807,8
USO EQUIPAMIENTO	4.724,5	10.406,5	21.380,6

#### Resultado de ahorros obtenidos

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO <sub>2</sub> [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04-10	07-10	04-10	07-10	04-10	07-10
<b>TOTAL AHORROS MEDIDAS</b>	<b>2.232,5</b>	<b>2.529,1</b>	<b>3.165,0</b>	<b>4.189,1</b>	<b>6.982,8</b>	<b>9.269,0</b>
Rehabilitación envolvente + Mejora instalac. térmicas	1.637,7	2.020,6	1.887,3	3.081,4	4.348,8	6.882,0
Mejora de las instalaciones de iluminación interior	793,9	301,2	1.987,0	709,8	4.017,1	1.519,8
Renovación de electrodomésticos	-199,1	207,3	-709,2	397,8	-1.383,0	867,1

#### Conclusiones

El sector edificios ha conseguido unos ahorros de 2.232,5 ktep en el período 2004-2010. El 67% de estos ahorros (1.637,7 ktep) derivan de mejoras de la envolvente de los edificios y sus instalaciones térmicas y un 33% (793,9 ktep) se debe a la instalación de iluminación interior más eficiente, mientras que en el sector equipamiento no se han producido ahorros.

Estos resultados se han logrado a través de las medidas propuestas en el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de IDAE (PAE4+), apoyados por actuaciones normativas que han estimulado la eficiencia energética en la edificación.

Las cuatro medidas del PAE4+, articuladas en un convenio de colaboración entre IDAE y las CCAA, han impulsado la rehabilitación de la envolvente térmica, la mejora de las instalaciones térmicas, mejora de las instalaciones de iluminación y la renovación de electrodomésticos.

Estas medidas se han visto potenciadas por los esfuerzos a nivel normativo, y en particular por la publicación del Código Técnico de la Edificación (RD 314/2006), que supuso un impulso a la mejora de la eficiencia en el ámbito de la envolvente y sistemas térmicos, del nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificación (RD 1027/2007), que obliga la revisión periódica de la eficiencia energética de estas instalaciones, y la obligación de la Certificación energética de edificios (RD 47/2007). Los Planes de Activación de ahorro y eficiencia energética (Programa 2x1 y Programa de reparto gratuito de bombillas de alta eficiencia), así como el programa de proyectos estratégicos y los programas de comunicación y difusión han contribuido igualmente a impulsar la eficiencia energética en el sector edificios.

Los ahorros imputables de manera directa a los planes y normativas, se estiman en 585,0 ktep. El Código Técnico de la Edificación es la normativa a la que se pueden imputar mayores ahorros (231,7 ktep) suponiendo casi un 40% de los ahorros. Los mecanismos relativos al uso iluminación interior -programas de reparto gratuito de bombillas y programa 2x1- han conseguido ahorrar 127,6 ktep. Finalmente los planes de renovación de electrodomésticos han ahorrado 81,4 ktep.

## Matriz medida-mecanismo

Mecanismos Medidas		Convenios colaboración	Proyectos estratégicos	Plan activación ahorro y eficiencia energética. Programa 2x1	Plan activación ahorro y eficiencia energética. Programa reparto gratuito	Nuevo RITE (RD 1027/2007)	CTE (RD 314/2006)	Certificación energética edificios (RD 47/2007)	Programas de comunicación y difusión	Efectos no cuantificados	TOTAL
Base 2004 [ktep]	Rehabilitación envolvente térmica	22,3	60,9			231,7				1.637,7	1.637,7
	Mejora instalaciones térmicas	61,1									
	Mejora inst. iluminación interior	29,7		13,0	84,9	667,3				793,9	
	Renovación electrodomésticos	81,4							-199,1	-199,1	
	<b>TOTAL</b>	<b>194,5</b>	<b>60,9</b>	<b>13,0</b>	<b>84,9</b>	<b>1.879,2</b>				<b>2.232,5</b>	
Base 2007 [ktep]	Rehabilitación envolvente térmica	17,6	60,9			167,0				2.020,6	2.020,6
	Mejora instalaciones térmicas	50,0									
	Mejora inst. iluminación interior	24,9		13,0	83,7	179,6				301,2	
	Renovación electrodomésticos	56,5							207,3	207,3	
	<b>TOTAL</b>	<b>149,0</b>	<b>60,9</b>	<b>13,0</b>	<b>83,7</b>	<b>2.222,6</b>				<b>2.529,1</b>	

■ \* Ahorros directos conseguidos por los mecanismos

■ \*\* Ahorros indirectos conseguidos por los mecanismos

BORRADOR 02.06.20

## USO ENVOLVENTE E INSTALACIONES TÉRMICAS

Los ahorros energéticos obtenidos en el uso de envolvente e instalaciones térmicas han venido determinados por mejoras en los sistemas de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria en el ámbito residencial y el sector servicios. El consumo de energía final destinado a este uso fue en 2010 de 17.332,1 ktep, el 71% del de edificios.

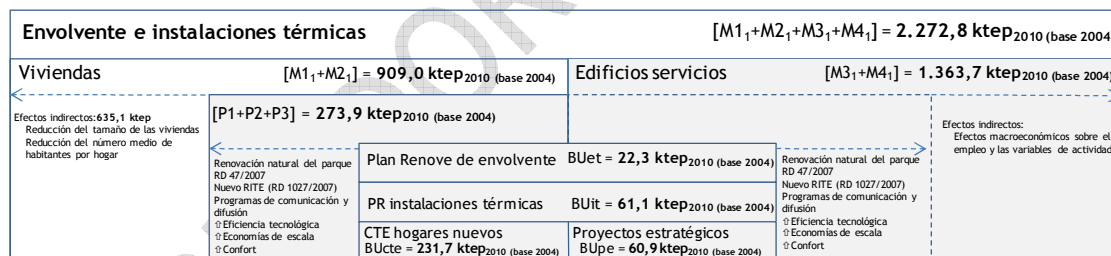
Para el cálculo del perímetro exterior de ahorros globales se han utilizado los indicadores *M* propuestos por la Comisión Europea mientras que para evaluar los ahorros obtenidos por las medidas de rehabilitación energética de la envolvente e instalaciones térmicas se han utilizado indicadores *P*, pero solo aquellos relativos al ámbito residencial. Finalmente, se ha calculado mediante indicadores ascendentes el efecto de la renovación inducida desde la Administración Pública a través de los “Planes Renove” y el debido a la entrada en vigor del CTE.

### Resultados obtenidos

		2004-2010 [ktep]	2007-2010 [ktep]
<i>M1<sub>11</sub></i>	Ahorro en consumo térmico por hogar destinado a calefacción	290,7	316,0
<i>M1<sub>12</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a ACS	356,5	338,5
<i>M2<sub>11</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a calefacción	182,0	105,4
<i>M2<sub>12</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a refrigeración	-72,5	19,5
<i>M2<sub>13</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a ACS	152,4	132,3
<i>M3<sub>11</sub></i>	Ahorro en consumo térmico por empleado destinado a calefacción	1.278,0	736,0
<i>M3<sub>12</sub></i>	Ahorro en consumo térmico por empleado destinado a ACS	151,1	94,7
<i>M4<sub>11</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por empleado destinado a calefacción	-306,9	-59,4
<i>M4<sub>12</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por empleado destinado a refrigeración	251,7	544,9
<i>M4<sub>13</sub></i>	Ahorro en consumo eléctrico por empleado destinado a ACS	-10,1	5,9
<i>P1</i>	Ahorro en consumo eléctrico y térmico por m2 destinado a calefacción	153,7	316,3
<i>P2</i>	Ahorro en consumo eléctrico por m2 destinado a refrigeración	-76,6	16,9
<i>P3</i>	Ahorro en consumo eléctrico y térmico por habitante destinado a ACS	196,9	365,4
<i>BU<sub>et</sub></i>	Plan renove de envolvente térmica	22,3	17,6
<i>BU<sub>it</sub></i>	Plan renove de instalaciones térmicas	61,1	50,0
<i>BU<sub>cte</sub></i>	Código técnico de la edificación	231,7	167,0
<i>BU<sub>pe</sub></i>	Proyectos estratégicos	60,9	60,9
<b>TOTAL</b>	<b>SUBSECTOR ENVOLVENTE E INSTALACIONES TÉRMICAS</b>	<b>1.637,7</b>	<b>2.020,6</b>
	<i>(M3<sub>11</sub>+M3<sub>12</sub>+M4<sub>11</sub>+M4<sub>12</sub>+M4<sub>13</sub>+P1+P2+P3)</i>		

### Esquema de ahorros

El ahorro relativo a envolvente e instalaciones térmicas se ha dividido en dos ámbitos principales, teniendo en cuenta al sector al que va dirigido la medida, sector doméstico o servicios.



### Conclusiones

Los indicadores descendentes *M* confirman que se han producido unos ahorros globales de 2.272,8 ktep desde 2004 siendo el uso de calefacción el que más ahorros han aportado (un 64% sobre el total) ya que la penetración de los sistemas de refrigeración -y por tanto el consumo asociado- se ha incrementado en los hogares.

Los indicadores descendentes *P* muestran unos ahorros en el ámbito doméstico de 273,9 ktep. En el sector servicios, al no disponer de indicadores de la misma tipología, se mantienen los resultados fijados por los indicadores *M* (1.363,7 ktep).

Las iniciativas conocidas como “Planes Renove” han logrado unos ahorros de 22,3 ktep en renovaciones de envolvente (fachadas, cubiertas y ventanas) y de 61,1 ktep en renovaciones de instalaciones térmicas (calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria). Adicionalmente a través de indicadores ascendentes se han podido calcular los ahorros asociados al Código Técnico de la Edificación (231,7 ktep) así como los de los proyectos estratégicos (60,9 ktep).

Finalmente, a través de las diferencias entre los perímetros de ahorro exteriores e interiores es posible distinguir determinados efectos indirectos que particularmente en el ámbito doméstico se estiman en 635,1 ktep, debidos a una reducción en el tamaño medio de los hogares y en el número medio de habitantes que los ocupan.

Adicionalmente, existen otra serie de efectos no cuantificables asociados a las medidas, que si bien no son el resultado de una acción directa, si están relacionados con la misma:

- Una concentración de la demanda en aparatos de climatización y envolventes más eficientes ha favorecido economías de escala de los productores y el abaratamiento final de los mismos.
- Una modificación en los hábitos de consumo en ambos sentidos; un mayor confort puede provocar una menor optimización en el uso de los aparatos de climatización y, por otro lado la adquisición de equipos de alta calificación energética puede conducir a una mayor concienciación.

## USO DE ILUMINACIÓN INTERIOR

Los ahorros energéticos obtenidos en el uso de iluminación interior en los ámbitos doméstico y de servicios han venido determinados fundamentalmente por el despliegue de lámparas de bajo consumo. El consumo de energía final destinado a este uso fue en 2010 de 2.405,5 ktep, el 10% del consumo de edificios.

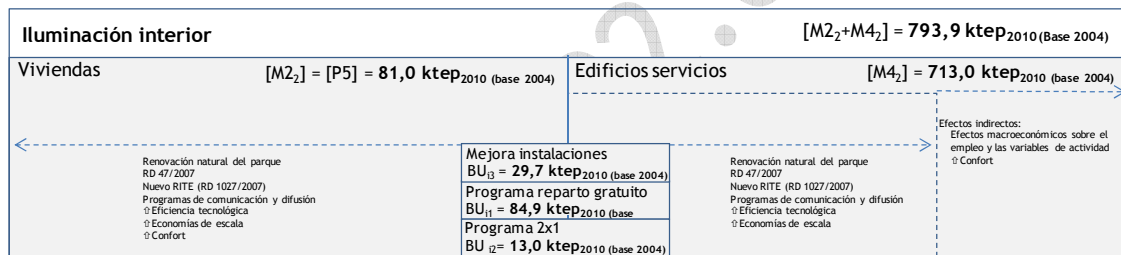
Para el cálculo del perímetro exterior de ahorros globales se han utilizado los indicadores *M* propuestos por la Comisión Europea. En el sector residencial el indicador *P* propuesto es equivalente a los anteriores. Mediante indicadores ascendentes se ha calculado el efecto de la renovación inducida desde la Administración Pública a través de los convenios firmados con las CCAA y los programas especiales de fomento en el uso de lámparas eficientes.

### Resultados obtenidos

		2004-2010 [ktep]	2007-2010 [ktep]
<i>M</i> <sub>2</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a iluminación	81,0	53,3
<i>M</i> <sub>4</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por empleado destinado a iluminación	713,0	247,9
<i>P</i> <sub>5</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a iluminación	81,0	53,3
<i>BU</i> <sub>11</sub>	Programa de reparto de lámparas de bajo consumo	84,9	83,7
<i>BU</i> <sub>12</sub>	Programa de reparto 2x1 de lámparas de bajo consumo	13,0	13,0
<i>BU</i> <sub>13</sub>	Mejora de la eficiencia de las instalaciones de iluminación interior	29,7	24,9
<b>TOTAL SUBSECTOR ILUMINACIÓN INTERIOR [ktep]</b> <i>(M</i> <sub>4</sub> <i>+P</i> <sub>5</sub> <i>)</i>		<b>793,9</b>	<b>301,2</b>

### Esquema de ahorros

El ahorro relativo a iluminación interior se ha dividido en dos ámbitos principales, teniendo en cuenta al sector al que va dirigido los mecanismos, sector doméstico o servicios.



### Conclusiones

El ahorro global del subsector de iluminación interior calculado a través de los indicadores *M* y *P* propuestos por la Comisión Europea es de 793,9 ktep, fundamentalmente en el sector servicios (un 90% sobre el total).

Los ahorros inducidos por mecanismos se han obtenido de las memorias anuales de las Comunidades Autónomas sobre las mejoras energéticas resultado de los convenios con el IDAE. Por otro lado, también se han cuantificado con indicadores ascendentes dos iniciativas incluidas dentro del “Plan de activación del ahorro y la eficiencia energética”: el “Programa 2x1 de reparto de lámparas eficientes” (13,0 ktep) y el “Programa de reparto gratuito de lámparas eficientes” (84,9 ktep).

Finalmente, a través de las diferencias entre los perímetros de ahorro exteriores e interiores es posible captar determinados efectos no cuantificables atribuidos a un efecto de las medidas sobre el sector:

- Una concentración de la demanda en lámparas de clase más eficiente ha favorecido las economías de escala de los productores y por lo tanto, el abaratamiento final de los mismos, haciéndolos más atractivos al consumidor.
- Una modificación en los hábitos de consumo en ambos sentidos: un mayor confort puede provocar una menor optimización en el uso de los sistemas de iluminación interior y, por otra, la adquisición de lámparas de alta calificación energética puede conducir a una mayor concienciación de los usuarios respecto al consumo energético.

## USO EQUIPAMIENTO

Los ahorros energéticos obtenidos en el uso equipamiento han venido determinados fundamentalmente por la mejora de la eficiencia energética de electrodomésticos, cocinas y ofimática tanto en el sector residencial y como de servicios. El consumo de energía final destinado a este uso fue en 2010 de 4.723,7 ktep, el 19% del consumo de edificios.

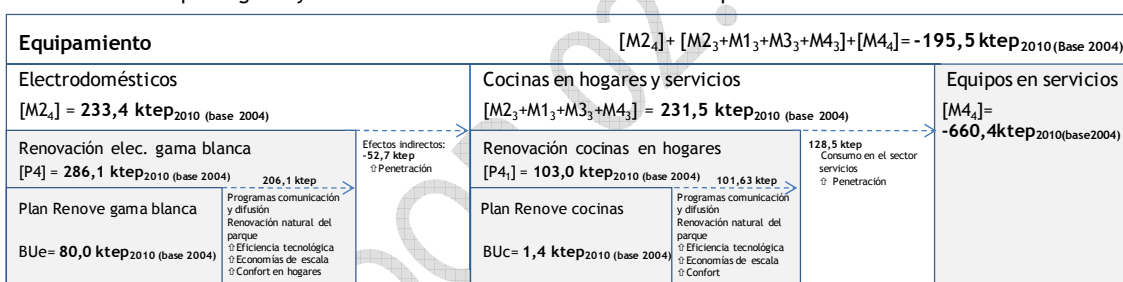
Para el cálculo del perímetro exterior se han utilizado los indicadores *M* propuestos por la Comisión Europea mientras que para evaluar los ahorros obtenidos por las medidas de renovación de electrodomésticos y cocinas se han utilizado indicadores *P* corregidos. Finalmente, se ha calculado mediante indicadores ascendentes el efecto de la renovación del parque inducida desde la Administración Pública a través de los “Planes Renove”.

### Resultados obtenidos

		2004-2010 [ktep]	2007-2010 [ktep]
<i>M</i> <sub>13</sub>	Ahorro en consumo térmico por hogar destinado a cocinas	183,0	132,9
<i>M</i> <sub>24</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a electrodomésticos	277,6	156,5
<i>M</i> <sub>23</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por hogar destinado a cocinas	-23,7	-0,4
<i>M</i> <sub>33</sub>	Ahorro en consumo térmico por empleado destinado a cocinas	83,0	27,8
<i>M</i> <sub>43</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por empleado destinado a cocinas	-10,7	-7,9
<i>M</i> <sub>44</sub>	Ahorro en consumo eléctrico por empleado destinado a ofimática	-660,4	-54,8
<i>P</i> <sub>4</sub>	Ahorro en consumo unitario de electricidad por electrodoméstico	286,1	164,6
<i>P</i> <sub>41</sub>	Ahorro en consumo unitario térmico y eléctrico por cocina <sup>3</sup>	103,0	77,8
<i>BU</i> <sub>e</sub>	Plan renove de electrodomésticos gama blanca	80,0	55,1
<i>BU</i> <sub>c</sub>	Plan renove de electrodomésticos cocinas	1,4	1,4
<b>TOTAL SUBSECTOR ENVOLVENTE TÉRMICA [ktep] (<i>P</i><sub>4</sub>+<i>P</i><sub>41</sub>)</b>		<b>-199,1</b>	<b>207,3</b>

### Esquema de ahorros

El ahorro relativo a equipamiento se ha dividido en tres ámbitos principales, teniendo en cuenta el tipo de electrodoméstico que engloba y el sector -doméstico o de servicios- en el que se circunscribe.



### Conclusiones

Los indicadores descendentes *M* sugieren que no se han producido ahorros en el periodo de estudio (-195,5 ktep) debido principalmente a una mayor penetración de equipamiento tanto en el sector residencial como especialmente en el sector terciario. En particular, debe tenerse también en consideración que la variable sobre la que se normaliza el consumo en este último sector, es el número de empleados a tiempo completo, variable muy sensible a la coyuntura económica actual.

Sin embargo, los indicadores descendentes *P*, calculados para el sector doméstico, muestran que se han producido ahorros (389,1 ktep) en la renovación de los equipos ya que éstos son calculados en función del número de electrodomésticos y cocinas, variables unitarias que mantienen una relación directa con el consumo.

Para el cálculo de los ahorros inducidos por actuaciones directas se han utilizado indicadores ascendentes. Mediante el ahorro unitario obtenido por cada renovación, por el número de sustituciones realizadas en los “Planes Renove” se ha obtenido un ahorro de 81,4 ktep.

Finalmente, a través de las diferencias entre los perímetros de ahorro exteriores e interiores es posible cuantificar en -199,1 ktep determinados efectos indirectos y no cuantificables asociados a la medida:

- Un incremento en la intensidad energética en los hogares y fundamentalmente en el sector servicios debida, fundamentalmente por un aumento de la penetración de los equipos.
- Una modificación en los hábitos de consumo en ambos sentidos. Por una parte la búsqueda de un mayor confort puede provocar una menor optimización en el uso de equipos y por otra la adquisición de electrodomésticos de alta calificación energética puede conducir a una mayor concienciación de los usuarios respecto al consumo energético.

<sup>3</sup> El indicador *P*<sub>41</sub> calcula el ahorro unitario de cocinas eléctricas, de gas y mixtas, así como el ahorro sobre el consumo de hornos independientes.

## 2. Perímetrosros exteriores

El sector edificios ha logrado ahorros en consumo de energía gracias a la mejora - tanto en el ámbito residencial como en el sector servicios - de la envolvente e instalaciones térmicas, la iluminación y el equipamiento.

El esquema de ahorros energéticos en los edificios se presenta en la Figura 25, donde se muestran los valores alcanzados en 2010 con base 2004 y donde es posible discernir los ahorros por uso y subsector.

Figura 25. Esquema de ahorro energético en el sector edificios en 2010 y base 2004

<b>Sector Edificios</b>			$[M_{2,4}] + [M_{2,3} + M_{1,3} + M_{3,3} + M_{4,3}] + [M_{4,4}] + [M_{2,2} + M_{4,2}] + [M_{1,1} + M_{2,1} + M_{3,1} + M_{4,1}] = 2.871,2 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		
<b>Envolvente e instalaciones térmicas</b>			$[M_{1,1} + M_{2,1} + M_{3,1} + M_{4,1}] = 2.272,8 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		
<b>Viviendas</b>		$[M_{1,1} + M_{2,1}] = 909,0 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		<b>Edificios servicios</b>	
				$[M_{3,1} + M_{4,1}] = 1.363,7 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$	
Efectos indirectos: 635,1 ktep Reducción del tamaño de las viviendas Reducción del número medio de habitantes por hogar		$[P_1 + P_2 + P_3] = 273,9 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		Efectos indirectos: Efectos macroeconómicos sobre el empleo y las variables de actividad	
Renovación natural del parque RD 47/2007 Nuevo RITE (RD 1027/2007) Programas de comunicación y difusión ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort		Plan Renove de envolvente BUet = 22,3 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Renovación natural del parque RD 47/2007 Nuevo RITE (RD 1027/2007) Programas de comunicación y difusión ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort	
		PR instalaciones térmicas BUit = 61,1 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)			
		CTE hogares nuevos BUcte = 231,7 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Proyectos estratégicos BUpe = 60,9 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	
<b>Iluminación interior</b>			$[M_{2,2} + M_{4,2}] = 793,9 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$		
<b>Viviendas</b>		$[M_{2,2}] = [P_5] = 81,0 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		<b>Edificios servicios</b>	
				$[M_{4,2}] = 713,0 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$	
Renovación natural del parque RD 47/2007 Nuevo RITE (RD 1027/2007) Programas de comunicación y difusión ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort		Mejora instalaciones BUg = 29,7 ktep <sub>2010</sub> (base 2004) Programa reparto gratuito BU <sub>g1</sub> = 84,9 ktep <sub>2010</sub> (base 2004) Programa 2x1 BU <sub>g2</sub> = 13,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Renovación natural del parque RD 47/2007 Nuevo RITE (RD 1027/2007) Programas de comunicación y difusión ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala	
				Efectos indirectos: Efectos macroeconómicos sobre el empleo y las variables de actividad ⊖ Confort	
<b>Equipamiento</b>			$[M_{2,4}] + [M_{2,3} + M_{1,3} + M_{3,3} + M_{4,3}] + [M_{4,4}] = -195,5 \text{ ktep}_{2010} \text{ (Base 2004)}$		
<b>Electrodomésticos</b>		<b>Cocinas en hogares y servicios</b>		<b>Equipos en servicios</b>	
$[M_{2,4}] = 233,4 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		$[M_{2,3} + M_{1,3} + M_{3,3} + M_{4,3}] = 231,5 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$		$[M_{4,4}] = -660,4 \text{ ktep}_{2010} \text{ (base 2004)}$	
Renovación elec. gama blanca [P4] = 286,1 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Renovación cocinas en hogares [P4] = 103,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		128,5 ktep Consumo en el sector servicios ⊖ Penetración	
Plan Renove gama blanca BUe = 80,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Plan Renove cocinas BUC = 1,4 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)			
Programas comunicación y difusión Renovación natural del parque ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort en hogares		Programas comunicación y difusión Renovación natural del parque ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort			
				Efectos indirectos: -52,7 ktep ⊖ Penetración	

En los siguientes apartados se describen las metodologías empleadas para cada el cálculo de los ahorros en función de los usos energéticos en los edificios: envolventes e instalaciones térmicas, de iluminación interior y equipamiento.

### 2.1. Envolvente e instalaciones térmicas

Las medidas asociadas a la envolvente térmica impulsan la mejora de cubiertas, suelos y ventanas, tanto de hogares como de edificios del sector servicios. En lo que a instalaciones térmicas se refiere, se consideran las calderas, los equipos de climatización y los sistemas de producción de agua caliente sanitaria.

#### Metodología de cálculo

En primer lugar se ha diferenciado entre viviendas (unifamiliares y en bloque) y edificios del sector servicios (Figura 26). Al no disponer de indicadores propuestos por la Comisión Europea específicos para el cálculo de los ahorros en este subsector, se han modificado algunos indicadores descendentes  $M$ .

Posteriormente se han calculado los ahorros relativos a la medida "Rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética de las

instalaciones térmicas de los edificios existentes”. La Comisión Europea propone para el segmento de viviendas la utilización de tres indicadores descendentes  $P$ .

Finalmente se han calculado mediante indicadores ascendentes ( $BU_{et}$  y  $BU_{it}$ ) los ahorros obtenidos por diferentes mecanismos impulsados por la Administración a través de los convenios de colaboración entre el IDAE y las Comunidades Autónomas materializados en los “Planes Renove de envoltante e instalaciones térmicas” y “Proyectos estratégicos”. Del mismo modo se han calculado los ahorros que la normativa “Código Técnico de la Edificación” ha producido a partir de su entrada en vigor en 2006 utilizando un indicador ascendente ( $BU_{cte}$ ).

Figura 26. Esquema de ahorro energético en el uso envoltante e instalaciones térmicas para el año 2010 con base 2004

Envoltante e instalaciones térmicas		[M1 <sub>1</sub> +M2 <sub>1</sub> +M3 <sub>1</sub> +M4 <sub>1</sub> ] = 2.272,8 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	
Viviendas [M1 <sub>1</sub> +M2 <sub>1</sub> ] = 909,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Edificios servicios [M3 <sub>1</sub> +M4 <sub>1</sub> ] = 1.363,7 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	
[P1+P2+P3] = 273,9 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Efectos indirectos: Efectos macroeconómicos sobre el empleo y las variables de actividad	
Efectos indirectos: 635,1 ktep Reducción del tamaño de las viviendas Reducción del número medio de habitantes por hogar	Renovación natural del parque RD 47/2007 Nuevo RITE (RD 1027/2007) Programas de comunicación y difusión ☉ Eficiencia tecnológica ☉ Economías de escala ☉ Comfort	Plan Renove de envoltante BU <sub>et</sub> = 22,3 ktep <sub>2010</sub> (base 2004) PR instalaciones térmicas BU <sub>it</sub> = 61,1 ktep <sub>2010</sub> (base 2004) CTE hogares nuevos BU <sub>cte</sub> = 231,7 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Renovación natural del parque RD 47/2007 Nuevo RITE (RD 1027/2007) Programas de comunicación y difusión ☉ Eficiencia tecnológica ☉ Economías de escala ☉ Comfort
		Proyectos estratégicos BU <sub>pe</sub> = 60,9 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	

Para poder estimar los ahorros que se han producido en los usos de envoltante e instalaciones térmicas, es necesario conocer el consumo de energía eléctrica y térmica destinada a cada uno de los usos.

Adicionalmente, se debe buscar una variable apropiada para normalizar dichos consumos y poder así determinar la mejora en eficiencia energética como diferencia de dichos consumos unitarios. En el ámbito doméstico el consumo está íntimamente relacionado con el número de hogares, por lo que se estima adecuado analizar la evolución del consumo unitario en base a dicha variable. En el ámbito servicios, el consumo energético se puede asociar al número de empleados a tiempo completo.

Por consiguiente para el cálculo de los ahorros globales del subsector se ha optado por emplear los indicadores  $M$  propuestos por la Comisión Europea, que relacionan el consumo térmico u eléctrico con las variables de actividad mencionadas asociadas al sector doméstico o de servicios, multiplicada por el porcentaje de consumo, eléctrico o térmico según sea el caso, de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria. Los indicadores empleados son por tanto:

- En el ámbito doméstico; el indicador  $M1$  “Consumo térmico por hogar” se ha corregido diferenciando el uso destinado a calefacción y agua caliente sanitaria. El  $M2$  “Consumo eléctrico por hogar” se ha corregido diferenciando el uso destinado a calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

$$M1_1 = \left( \frac{E^{Hnon-el}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{Hnon-el}$  : Consumo térmico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo térmico doméstico destinado a calefacción y agua caliente sanitaria

$$M2_1 = \left( \frac{E^{Hel}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{Hel}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo eléctrico doméstico destinado a refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria

- En el ámbito servicios; el M3 “Consumo térmico por empleado a tiempo completo” se ha corregido por el uso destinado a calefacción y agua caliente sanitaria. El M4 “Consumo eléctrico por empleado a tiempo completo” se ha corregido por el uso destinado a calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.

$$M3_1 = \left( \frac{E^{\text{Snon-el}}}{em} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Snon-el}}$  : Consumo térmico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % del consumo térmico en el sector servicios destinado a calefacción y agua caliente sanitaria

$$M4_1 = \left( \frac{E^{\text{Sel}}}{em} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Sel}}$  : Consumo eléctrico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % del consumo eléctrico en el sector servicios destinado a refrigeración, calefacción y agua caliente sanitaria

En el caso de los indicadores referentes a calefacción y a refrigeración se ha realizado una segunda corrección por el clima, mediante el cociente entre la media de los grados-días de calefacción de los últimos 25 años con los grados-día de calefacción del año de cálculo de los ahorros.

Los ahorros relativos al perímetro exterior en el subsector de envolvente térmica, resultan de multiplicar la diferencia de los valores de estos indicadores para el año de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador. A modo de ejemplo, para el indicador  $M1_1$  sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } M1_1 = \left[ \left( \frac{E^{\text{Hnon-el}}_{2004}}{D_{2004}} \right) \cdot FC_{2004} - \left( \frac{E^{\text{Hnon-el}}_{2010}}{D_{2010}} \right) \cdot FC_{2010} \right] \cdot D_{2010}$$

donde:

- $E^{\text{Hnon-el}}$  : Consumo térmico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo térmico doméstico destinado a calefacción y agua caliente sanitaria

El sumatorio de los ahorros particulares asociados a cada uno de estos cuatro indicadores corregidos ( $M1+M2+M3+M4$ ) se obtienen los ahorros globales producidos por la mejora de la envolvente e instalaciones térmicas de los edificios.

### **Variables clave en el uso envolvente e instalaciones térmicas**

En este apartado se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este subsector.

**Tabla 50.** Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores M en el uso de envolvente e instalaciones térmicas en el periodo 2004-2010

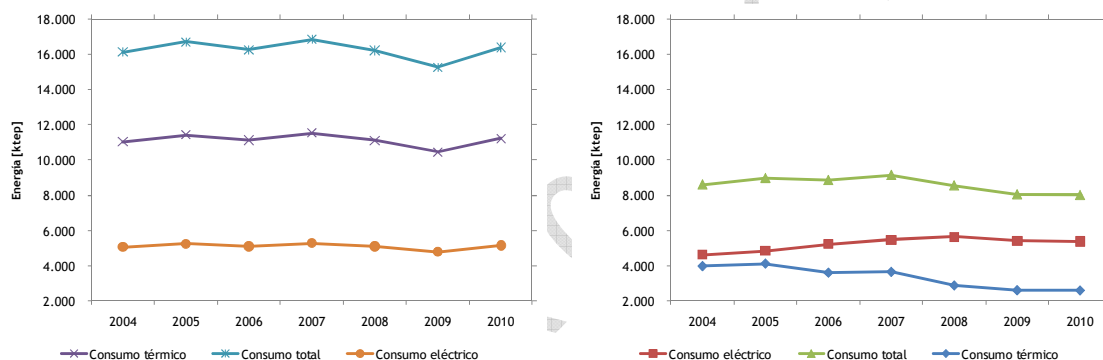
	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo térmico en hogares [ktep]	11.045	11.534	11.103	10.448	11.223	IDAE
Consumo eléctrico en hogares [ktep]	5.072	5.296	5.098	4.798	5.154	IDAE
Consumo térmico en servicios [ktep]	3.982	3.658	2.903	2.635	2.627	IDAE
Consumo eléctrico en servicios [ktep]	4.619	5.476	5.646	5.414	5.388	IDAE
Viviendas ocupadas [miles de viviendas]	14.904	16.280	16.741	17.068	17.304	IDAE



	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Empleados a tiempo completo [miles de empleados]	11.518	13.471	13.786	13.439	13.408	IDAE
Grados-Días calefacción	2546	2378	2431	2242	2305	IDAE
GD calefacción referencia (25 años)	2126	2136	2144	2151	2139	IDAE
Grados-Días refrigeración	568	426	568	563	564	IDAE
GD refrigeración referencia (25 años)	560	560	560	560	560	IDAE

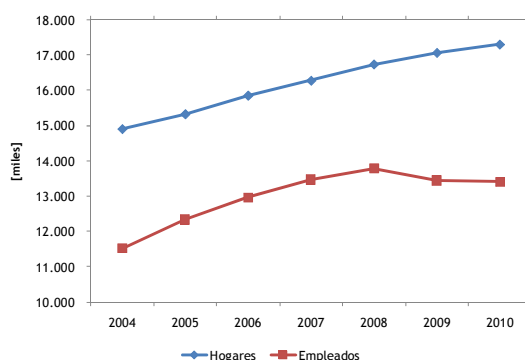
El consumo eléctrico, tanto en los hogares como en el sector servicios, presenta una evolución creciente entre 2004 y 2010 (2% y 16% respectivamente) debido en gran medida al incremento de equipamiento en viviendas y empresas. Por el contrario el consumo térmico disminuye, sobre todo en el sector servicios en el periodo (-34%).

**Figura 27.** Evolución del consumo térmico, eléctrico y total en el sector doméstico y servicios de 2004 hasta 2010



Adicionalmente se observa un crecimiento menor de las viviendas ocupadas y una caída de empleados a tiempo completo a partir de 2008, probablemente como resultado de la coyuntura económica actual.

**Figura 28.** Evolución del número de viviendas ocupadas y número de empleados a tiempo completo de 2004 a 2010

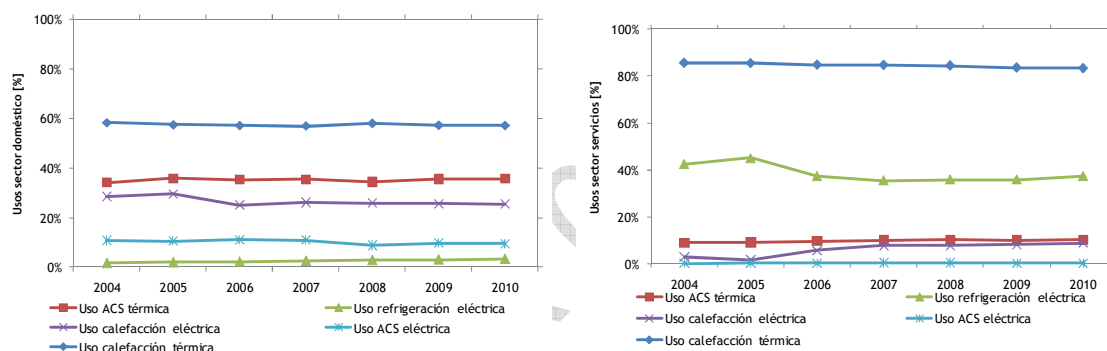


**Tabla 51.** Distribución por usos térmicos y eléctricos del uso envolvente e instalaciones térmicas

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Uso térmico doméstico destinado a calefacción [%]	58,2	56,8	57,9	57,1	57,0	IDAE

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Uso térmico doméstico destinado a ACS [%]	34,0	35,4	34,3	35,5	35,7	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a refrigeración [%]	1,7	2,6	2,8	3,1	3,3	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a calefacción [%]	28,4	26,1	25,9	25,6	25,4	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a ACS [%]	10,8	11,0	8,8	9,8	9,4	IDAE
Uso térmico en servicios destinado a calefacción [%]	85,5	84,6	84,4	83,6	83,4	IDAE
Uso térmico en servicios destinado a ACS [%]	9,1	10,0	10,3	10,1	10,3	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a refrigeración [%]	42,5	35,5	35,9	35,9	37,4	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a calefacción [%]	3,0	7,8	7,8	8,3	8,8	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a ACS [%]	0,2	0,5	0,5	0,4	0,4	IDAE

Figura 29. Evolución del porcentaje de consumo en calefacción y agua caliente sanitaria térmica y eléctrica y refrigeración en el sector doméstico y servicios de 2004 a 2010.



En términos de calefacción, el sector doméstico ha disminuido su porcentaje de uso tanto en energía eléctrica como térmica en los últimos años. Sin embargo, en el sector servicios esta caída en el uso sólo se produce en la energía térmica, habiendo aumentado el porcentaje de uso de consumo eléctrico relativo a calefacción casi un 6%. Estos resultados son consecuencia de la tendencia actual que prioriza la instalación de calefacción eléctrica en el sector terciario.

En el período analizado la refrigeración en los hogares ha aumentado su uso hasta casi duplicarse, consecuencia de su mayor penetración. Sin embargo, en el sector servicios, el uso de refrigeración ha experimentado una caída del 5% en su porcentaje de uso, pudiendo ser consecuencia de una mejora tecnológica, la necesidad de optimización de costes y las medidas de eficiencia energética puestas en marcha.

Por último, el porcentaje de uso del agua caliente sanitaria en el ámbito doméstico ha aumentado en el caso de producirse térmicamente (1,7%), del mismo modo que también ha sufrido un pequeño incremento cuando se produce eléctricamente (1,4%). Por su parte, en el sector servicios el uso eléctrico se ha duplicado y el térmico ha mostrado un incremento del 1,2%.

#### Ahorros totales en envolvente térmica e instalaciones térmicas

Los ahorros totales obtenidos en el uso de envolvente e instalaciones térmicas, recogen tanto ahorros directos como indirectos.

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se ha aplicado los indicadores descritos anteriormente, aplicando las variables del sector y las macroeconómicas necesarias para el cálculo de los indicadores. Los resultados se recogen en la Tabla 52 y la evolución de los indicadores en la Tabla 53 y la Figura 30.

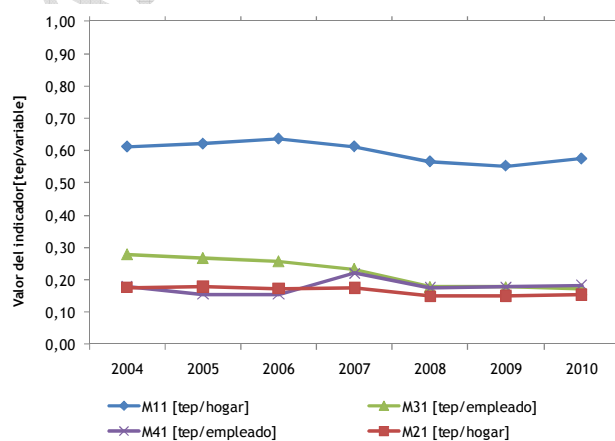
**Tabla 52. Resultados de ahorro en el uso envolvente e instalaciones térmicas en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Subsector envolvente e insta. térmicas	$M1_i+M2_i+M3_i+M4_i$	<b>2.699,2</b>	<b>2.272,8</b>
	Sector doméstico	$M1_i+M2_i$	1.321,7	909,0
	Sector servicios	$M3_i+M4_i$	1.377,5	1.363,7
Base 2007 [ktep]	Subsector envolvente e insta. térmicas	$M1_i+M2_i+M3_i+M4_i$	<b>2.660,1</b>	<b>2.233,7</b>
	Sector doméstico	$M1_i+M2_i$	1.324,3	911,7
	Sector servicios	$M3_i+M4_i$	1.335,7	1.322,0

**Tabla 53. Evolución indicadores M del uso envolvente e instalaciones térmicas de 2004 a 2010**

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
$M1_i$	Indicador de consumo unitario térmico en envolvente e instalaciones térmicas por hogar [tep/hogar]	0,612	0,612	0,566	0,552	0,574
$M2_i$	Indicador de consumo unitario eléctrico en envolvente e instalaciones térmicas por hogar [tep/hogar]	0,123	0,123	0,105	0,105	0,108
$M3_i$	Indicador de consumo unitario térmico en envolvente e instalaciones térmicas por empleado [tep/empleado]	0,278	0,234	0,179	0,177	0,172
$M4_i$	Indicador de consumo unitario eléctrico en envolvente e instalaciones térmicas por empleado [tep/empleado]	0,179	0,220	0,175	0,177	0,184

**Figura 30. Evolución de los indicadores M para el uso envolvente e instalaciones térmicas de 2004 a 2010**



Los ahorros en el periodo de estudio 2004-2010 son de 2.272,8 ktep de los cuales el 40% se han logrado en el ámbito doméstico y un 60% en el sector servicios. Las mejoras en calefacción son las que mayores ahorros han producido en este periodo con un total de 1.443,8 ktep en 2010 con respecto a 2004.

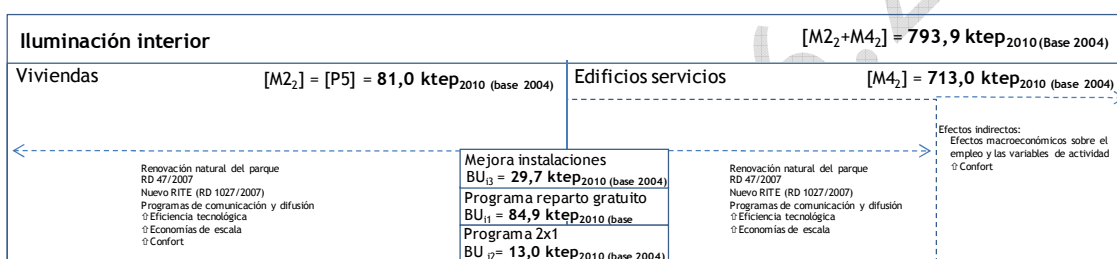
## 2.2. Iluminación interior

### Descripción

El uso de la iluminación interior se puede articular en la parte correspondiente al sector doméstico y en la parte que afecta al sector servicios.

Del conjunto de indicadores del catálogo propuesto por la Comisión Europea para el cálculo de los ahorros, no hay ninguno que haga mención explícita a la iluminación, exceptuando el indicador *P5* que se ha utilizado para el cálculo de perímetros interiores. Por este motivo se han tenido que corregir algunos de los indicadores descendentes *M* para poder adaptarlos para medir los ahorros conseguidos en este subsector. En este caso, se han corregido los indicadores *M2* “Consumo eléctrico por hogar” y *M4* “Consumo eléctrico por empleado a tiempo completo” por el porcentaje de consumo eléctrico de iluminación interior, tanto en los hogares como en el sector servicios.

Figura 31. Esquema de ahorro energético en el subsector de iluminación interior para el año 2010 con base 2004



En relación a las viviendas del sector doméstico se ha utilizado el indicador propuesto por la Comisión Europea *P5*. Para el sector servicios sin embargo, no ha sido posible calcular los ahorros asociados.

El resultado del ahorro a través del indicador *P5* muestra la renovación global producida en los hogares tanto por la evolución natural de los sistemas de iluminación como inducida por medidas específicas impulsadas por el IDAE.

Para este último caso se ha cuantificado los ahorros asociados a través de indicadores ascendentes ( $BU_{i1}$ ,  $BU_{i2}$  y  $BU_{i3}$ ) utilizando los informes anuales reportados por las Comunidades Autónomas y a otros proyectos.

### Metodología de cálculo

Para poder obtener el ahorro conseguido en este uso, es necesario conocer la evolución del consumo eléctrico en iluminación interior tanto en el sector doméstico como en el sector servicios. Del mismo modo que en el uso térmico, para poder normalizar los ahorros, se ha considerado que los hogares -en el caso del ámbito doméstico- y los empleados -en servicios- deben ser las variables de actividad fundamentales ya que están estrechamente relacionadas con el consumo.

Por consiguiente, para el cálculo de los ahorros globales del subsector de iluminación se han corregido los indicadores *M2* “Consumo eléctrico por hogar” y *M4* “Consumo eléctrico por empleado a tiempo completo” por el porcentaje de consumo eléctrico de iluminación interior, tanto en los hogares como en el sector servicios.

$$M2_2 = \left( \frac{E^{\text{Hel}}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo eléctrico doméstico destinado a iluminación interior

$$M4_2 = \left( \frac{E^{\text{Sel}}}{em} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Sel}}$  : Consumo eléctrico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % del consumo eléctrico en el sector servicios destinado a iluminación interior

Los ahorros relativos al perímetro exterior resultan de la multiplicación entre la diferencia de los valores de estos indicadores para el año de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador.

Por ejemplo para el indicador  $M2_2$  sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } M2_2 = \left[ \left( \frac{E_{2004}^{\text{Hel}}}{D_{2004}} \right) \cdot FC_{2004} - \left( \frac{E_{2010}^{\text{Hel}}}{D_{2010}} \right) \cdot FC_{2010} \right] \cdot D_{2010}$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo eléctrico doméstico destinado a iluminación interior

#### Variables clave en el uso iluminación

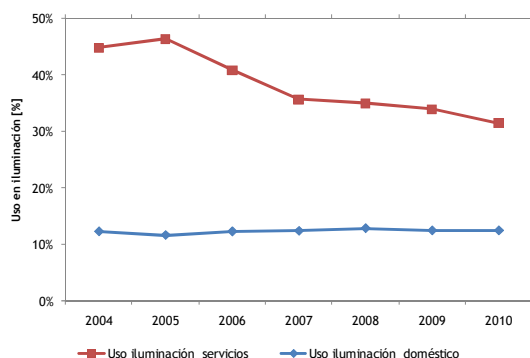
En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en iluminación.

**Tabla 54.** Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores  $M$  en el subsector de iluminación interior en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo eléctrico en hogares [ktep]	5.072	5.296	5.098	4.798	5.154	IDAE
Consumo eléctrico en servicios [ktep]	4.619	5.476	5.646	5.414	5.388	IDAE
Viviendas ocupadas [miles de viviendas]	14.904	16.280	16.741	17.068	17.304	INE
Empleados a tiempo completo [miles de empleados]	11.518	13.471	13.786	13.439	13.408	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a iluminación [%]	12,3%	12,3%	12,8%	12,4%	12,4%	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a iluminación [%]	44,7%	35,6%	34,9%	33,9%	31,4%	IDAE

En la Tabla 54 y en la Figura 32 se puede observar como el porcentaje de uso de iluminación interior en los hogares se mantiene prácticamente constante, pero es el del sector servicios el que disminuye de una manera considerable (-13,3%), contribuyendo indirectamente a la generación de ahorros del subsector de iluminación interior.

Figura 32. Evolución del porcentaje de uso de iluminación respecto al consumo total en el sector doméstico y servicios de 2004 a 2010



### Ahorros totales en iluminación

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se han aplicado los indicadores anteriormente descritos empleando las variables del sector y las macroeconómicas necesarias para el cálculo de los indicadores. Los resultados se presentan en la Tabla 55 y los resultados de los indicadores en la Tabla 56.

Tabla 55. Resultados de ahorro en el subsector iluminación interior en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

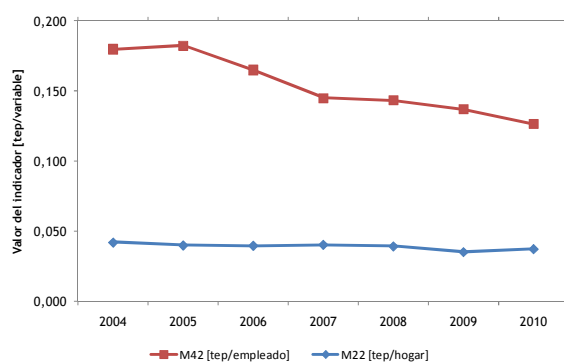
		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Subsector iluminación interior	$M_{2_2} + M_{4_2}$	<b>691,8</b>	<b>793,9</b>
	Sector doméstico	$M_{2_2}$	116,4	81,0
	Sector servicios	$M_{4_2}$	575,4	713,0
Base 2007 [ktep]	Subsector iluminación interior	$M_{2_2} + M_{4_2}$	<b>198,4</b>	<b>302,2</b>
	Sector doméstico	$M_{2_2}$	89,1	53,3
	Sector servicios	$M_{4_2}$	109,2	247,9

Si se tienen en cuenta los indicadores corregidos descendentes  $M$  propuestos por la Comisión Europea, en el uso iluminación interior se han conseguido ahorros en el período estudiado de **795,0 ktep** (un 28% sobre el total de ahorros obtenidos en el sector edificios). La mayoría de estos ahorros (90%) han sido conseguidos en el ámbito del sector servicios.

Tabla 56. Evolución de los indicadores  $M$  del subsector iluminación interior de 2004 a 2010

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
$M_{2_2}$	Indicador de consumo unitario eléctrico en iluminación por hogar [tep/hogar]	0,0417	0,0401	0,0390	0,0349	0,0370
$M_{4_2}$	Indicador de consumo unitario eléctrico en iluminación por empleado [tep/empleado]	0,1794	0,1447	0,1430	0,1366	0,1263

Figura 33. Evolución indicadores M para el uso iluminación de 2004 a 2010



## 2.3. Equipamiento

### Descripción

El subsector de equipamiento se ha estructurado en tres ámbitos principales teniendo en cuenta el tipo de electrodoméstico analizado y el sector doméstico o de servicios en el que se circunscribe: electrodomésticos en hogares, cocinas en hogares y servicios y equipos en el sector servicios (Figura 34).

Los perímetros relacionados con dichos ámbitos se han establecido a través de los indicadores M propuestos por la Comisión Europea. Posteriormente se analizarán las particularidades de cada indicador en función de las variables de actividad que son utilizadas para su cálculo.

Figura 34. Esquema de ahorro energético en el uso de equipamiento para el año 2010 con base 2004

Equipamiento		[M <sub>2,4</sub> ] + [M <sub>2,3</sub> +M <sub>1,3</sub> +M <sub>3,3</sub> +M <sub>4,3</sub> ] + [M <sub>4,4</sub> ] = -195,5 ktep <sub>2010</sub> (Base 2004)	
Electrodomésticos [M <sub>2,4</sub> ] = 233,4 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)		Cocinas en hogares y servicios [M <sub>2,3</sub> +M <sub>1,3</sub> +M <sub>3,3</sub> +M <sub>4,3</sub> ] = 231,5 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Equipos en servicios [M <sub>4,4</sub> ] = -660,4 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)
Renovación elec. gama blanca [P <sub>4</sub> ] = 286,1 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	Efectos indirectos: -52,7 ktep ⊖ Penetración	Renovación cocinas en hogares [P <sub>4,1</sub> ] = 103,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	128,5 ktep Consumo en el sector servicios ⊖ Penetración
Plan Renove gama blanca BUe = 80,0 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	206,1 ktep Programas comunicación y difusión Renovación natural del parque ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort en hogares	Plan Renove cocinas BUC = 1,4 ktep <sub>2010</sub> (base 2004)	
		101,63 ktep Programas comunicación y difusión Renovación natural del parque ⊖ Eficiencia tecnológica ⊖ Economías de escala ⊖ Confort	

El presente análisis ha permitido cuantificar las medidas relativas a la renovación de electrodomésticos de gama blanca y cocinas. Para los primeros se ha utilizado el indicador propuesto por la Comisión Europea  $P_4$  mientras que en el caso de las cocinas ha sido necesario plantear un nuevo indicador  $P_{4,1}$  tal y como puede observarse en la Figura 34.

El resultado del ahorro a través de ambos indicadores muestra tanto la renovación natural del parque de electrodomésticos y cocinas como la obtenida por la mejora inducida por medidas específicas impulsadas por el IDAE. Para este último caso ha sido posible su cuantificación a través de indicadores ascendentes (BUe y BUC) mediante la información disponible en las estadísticas relativas a los “Planes Renove”.

## Metodología de cálculo

### Electrodomésticos en hogares

La variación del consumo destinado a electrodomésticos y otros equipos por vivienda ocupada en España entre el año de referencia (2004 y 2007) y el año de cálculo (2010) permite calcular cuál ha sido la mejora en términos unitarios de la intensidad energética por hogar. Por consiguiente, para el cálculo de los ahorros totales que se han producido en este subsector se ha utilizado el indicador propuesto por la Comisión M2 “Consumo eléctrico por hogar” corregido por el porcentaje de consumo doméstico de electricidad destinado tanto a electrodomésticos como a otros equipos.

$$M2_4 = \left( \frac{E^{\text{Hel}}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % de consumo eléctrico doméstico destinado a electrodoméstico y otros equipos

### Cocinas en hogares y servicios

La variación del consumo destinado a cocinas en relación con el número de viviendas ocupadas en el sector doméstico o por empleado a tiempo completo en el sector servicios, permite estimar cuál ha sido la mejora en términos unitarios de la intensidad energética tanto por hogar como por trabajador.

Cabe mencionar que mientras la variable viviendas ocupadas presenta un comportamiento estable, la variable de empleados a tiempo completo puede sufrir mayores variaciones en periodos de recesión económica, por lo que debe analizarse dicha situación a la hora de evaluar los resultados en el sector servicios.

Para el cálculo de los ahorros totales en cocinas se ha utilizado una combinación de indicadores  $M$  más compleja que en caso de los electrodomésticos ya que las cocinas y hornos pueden utilizar energía tanto eléctrica como térmica dentro del ámbito doméstico o servicios.

Los indicadores seleccionados han sido corregidos en función del porcentaje de consumo eléctrico y térmico para cocinas y hornos:

- En el ámbito doméstico: el  $M1$  “Consumo térmico por hogar” y el  $M2$  “Consumo eléctrico por hogar” corregidos por el uso destinado a cocinas.

$$M1_3 = \left( \frac{E^{\text{Hnon-el}}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Hnon-el}}$  : Consumo térmico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo térmico doméstico destinado a cocinas y hornos

$$M2_3 = \left( \frac{E^{\text{Hel}}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo eléctrico doméstico destinado a cocinas y hornos

- En el ámbito servicios: el  $M3$  “Consumo térmico por empleado a tiempo completo” y  $M4$  “Consumo eléctrico por empleado a tiempo completo” corregidos por el uso destinado a cocinas.



$$M3_3 = \left( \frac{E^{\text{Snon-el}}}{em} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Snon-el}}$  : Consumo térmico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % del consumo térmico en el sector servicios destinado a cocinas y hornos

$$M4_3 = \left( \frac{E^{\text{Sel}}}{em} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Sel}}$  : Consumo eléctrico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % del consumo eléctrico en el sector servicios destinado a cocinas y hornos

### Equipos en el sector servicios

Finalmente, la variación del consumo destinado a ofimática y al resto de equipos respecto a los empleados a tiempo completo en el sector servicios, permite calcular cual ha sido la mejora en términos unitarios de la intensidad energética por trabajador en el sector terciario. Notar nuevamente cómo el número de empleados a tiempo completo se ve afectado en periodos de recesión económica.

Respecto al cálculo del ahorro se ha utilizado el indicador propuesto por la Comisión  $M4$  "Consumo eléctrico por empleado a tiempo completo" corregido por el porcentaje de consumo de dichos equipos en el sector servicios.

$$M4_4 = \left( \frac{E^{\text{Sel}}}{em} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Sel}}$  : Consumo eléctrico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % consumo eléctrico en el sector servicios destinado a ofimática y equipos

Los ahorros relativos al perímetro exterior resultan de la multiplicación entre la diferencia de los valores de estos indicadores para el año de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador.

A modo de ejemplo, para el indicador  $M4_4$  sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } M4_4 = \left[ \left( \frac{E^{\text{Sel}}_{2004}}{em_{2004}} \right) \cdot FC_{2004} - \left( \frac{E^{\text{Sel}}_{2010}}{em_{2010}} \right) \cdot FC_{2010} \right] \cdot em_{2010}$$

donde:

- $E^{\text{Sel}}$  : Consumo eléctrico en el sector servicios
- $em$  : Número de empleados a tiempo completo en el sector servicios
- $FC$  : % consumo eléctrico en el sector servicios destinado a ofimática y equipos

### Variables clave en el uso equipamiento

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este subsector.

Tabla 57. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores  $M$  en el subsector de equipamiento en el periodo 2004-2010

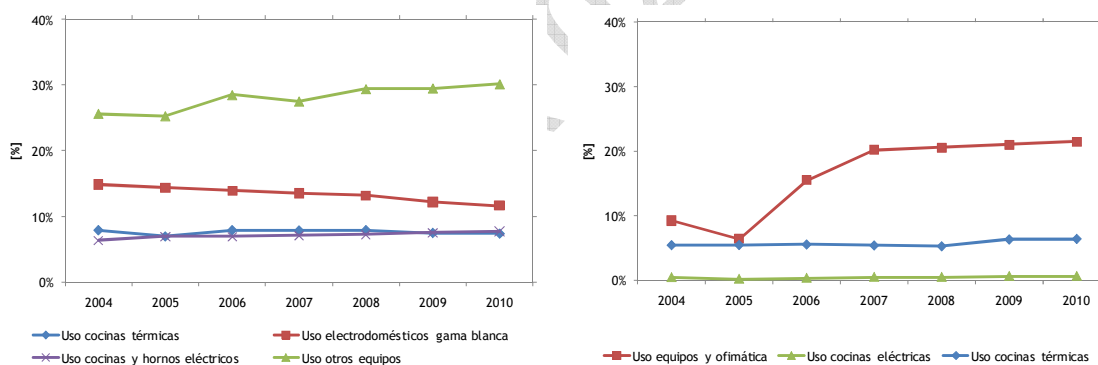
	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo térmico en hogares [ktep]	11.045	11.534	11.103	10.448	11.223	IDAE
Consumo eléctrico en hogares [ktep]	5.072	5.296	5.098	4.798	5.154	IDAE
Consumo térmico en servicios [ktep]	3.982	3.658	2.903	2.635	2.627	IDAE

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo eléctrico en servicios [ktep]	4.619	5.476	5.646	5.414	5.388	IDAE
Viviendas ocupadas [miles de viviendas]	14.904	16.280	16.741	17.068	17.304	IDAE
Empleados a tiempo completo [miles de empleados]	11.518	13.471	13.786	13.439	13.408	IDAE

**Tabla 58. Distribución por usos en el subsector de equipamiento en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Uso eléctrico doméstico destinado a electrodoméstico y otros [%]	40,5%	41,0%	42,6%	41,7%	41,8%	IDAE
Uso térmico doméstico destinado a cocinas y hornos [%]	7,8%	7,8%	7,8%	7,4%	7,3%	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a cocinas y hornos [%]	6,3%	7,0%	7,2%	7,5%	7,7%	IDAE
Uso térmico en servicios destinado a cocinas y hornos [%]	5,4%	5,3%	5,2%	6,3%	6,4%	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a cocinas y hornos [%]	0,4%	0,5%	0,5%	0,6%	0,6%	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a ofimática y equipos [%]	9,2%	20,2%	20,5%	21,0%	21,4%	IDAE

**Figura 35. Evolución del porcentaje de consumo en cocinas, equipos y electrodomésticos en el sector doméstico y servicios en el periodo 2004-2010**



En la Figura 35 se observa cómo el sector servicios ha incrementado notablemente su equipamiento en el periodo estudiado, pasando de representar un 9,2% del consumo en el sector en 2004, a un 21,4% en el 2010.

Este fenómeno también se observa en el sector doméstico, donde ha habido un incremento de electrodomésticos gama marrón (televisores, DVDs, equipos de música, ordenadores, etc.).

Por otro lado, los electrodomésticos de gama blanca (neveras, lavadoras, secadoras, lavavajillas, etc.) han disminuido su porcentaje de uso, mientras solo en algunos casos ha aumentado la penetración, lo que ha generado ahorros energéticos.

### Ahorros totales en el uso equipamiento

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo se ha aplicado los indicadores descritos empleando las variables clave del sector y las macroeconómicas necesarias para el cálculo de los indicadores.

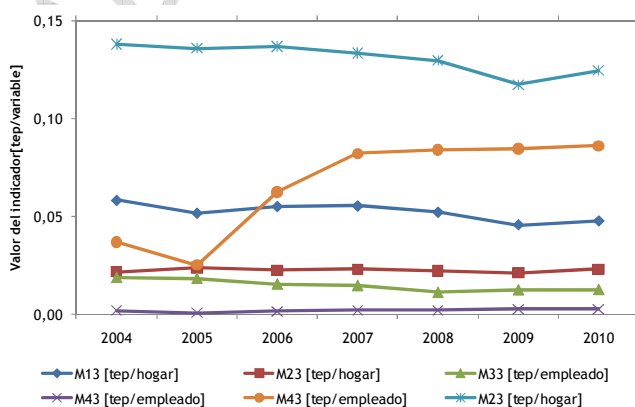
Tabla 59. Resultados de ahorro en el uso equipos en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Subsector equipamiento	$M_{2_4}+M_{2_3}+M_{1_3}+M_{3_3}+M_{4_3}+M_{4_4}$	11,4	-195,5
	Electrodomésticos en hogares	$M_{2_4}$	353,4	233,4
	Cocinas en hogares y sector servicios	$M_{2_3}+M_{1_3}+M_{3_3}+M_{4_3}$	298,1	231,5
	Equipos en sector servicios	$M_{4_4}$	-640,1	-660,4
Base 2007 [ktep]	Subsector equipamiento	$M_{2_4}+M_{2_3}+M_{1_3}+M_{3_3}+M_{4_3}+M_{4_4}$	463,5	254,0
	Electrodomésticos en hogares	$M_{2_4}$	277,5	156,5
	Cocinas en hogares y sector servicios	$M_{2_3}+M_{1_3}+M_{3_3}+M_{4_3}$	219,2	152,3
	Equipos en sector servicios	$M_{4_4}$	-33,1	-54,8

Tabla 60. Evolución indicadores M del uso equipamiento en el periodo 2004-2010

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
$M_{1_3}$	Indicador de consumo unitario térmico en cocinas y hornos por hogar [tep/hogar]	0,0581	0,0552	0,0520	0,0455	0,0475
$M_{2_3}$	Indicador de consumo unitario eléctrico en cocinas y hornos por hogar [tep/hogar]	0,0215	0,0229	0,0219	0,0210	0,0229
$M_{3_3}$	Indicador de consumo unitario térmico en cocinas y hornos por empleado [tep/empleado]	0,0186	0,0145	0,0110	0,0123	0,0125
$M_{4_3}$	Indicador de consumo unitario eléctrico en cocinas y hornos por empleado [tep/empleado]	0,0017	0,0019	0,0019	0,0025	0,0025
$M_{2_4}$	Indicador de consumo unitario eléctrico en electrodomésticos por hogar [tep/hogar]	0,1379	0,1334	0,1296	0,1172	0,1244
$M_{4_4}$	Indicador de consumo unitario eléctrico en equipos y ofimática por empleado [tep/empleado]	0,0368	0,0820	0,0839	0,0844	0,0860

Figura 36. Evolución de los indicadores M en el uso equipamiento en el periodo 2004-2010



En el periodo estudiado no se producen ahorros ligados a este uso, debido principalmente al incremento de equipamiento que están adquiriendo tanto los hogares como las empresas del sector terciario en los últimos años. Aunque los esfuerzos que se han llevado a cabo entre las Administraciones Públicas y entidades privadas han mejorado considerablemente su eficiencia individual en los últimos años ésta se ve anulada por el aumento en valor absoluto, cuando se mide con un indicador descendente como el tipo M.

En relación a los hogares, y aunque se ha conseguido un ahorro moderado respecto a los electrodomésticos de gama blanca, éste se va visto penalizado por el grado de penetración mucho más elevada de los electrodomésticos de gama marrón.

En cuanto a la conducta de compra de los usuarios finales de electrodomésticos, se ha detectado cómo a la hora de adquirir electrodomésticos de gama blanca, se tiene en cuenta la eficiencia energética debido al fomento del etiquetado energético.

### 3. Rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas

El objetivo de la rehabilitación de la envolvente térmica consiste en reducir la demanda energética de calefacción y refrigeración en los edificios ya existentes, mediante la rehabilitación total o parcial de la envolvente térmica. El nuevo Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) hace obligatoria la inspección periódica de eficiencia energética de este tipo de instalaciones, por lo que el objetivo directo de la mejora de las instalaciones térmicas es la reducción del consumo de energía final de las instalaciones de producción de agua caliente sanitaria, calefacción y climatización de los edificios existentes.

#### 3.1. Metodología de cálculo

Los tres usos incluidos dentro de estas dos medidas son la calefacción, la refrigeración y el agua caliente sanitaria. Para poder calcular los ahorros que se han producido, es necesario conocer la evolución que han sufrido los consumos unitarios en el período de estudio.

Con el objetivo de normalizar este consumo unitario se necesita una variable de actividad que juegue un papel fundamental en su evolución. Para el caso de la calefacción y la refrigeración se ha considerado que el consumo está estrechamente ligado con la superficie de los hogares y para el caso del agua caliente sanitaria el número de habitantes.

Según las variables necesarias para el cálculo de los ahorros, para la presente medida se ha decidido utilizar los tres indicadores descendentes  $P$  que propone la Comisión Europea relativos al segmento de viviendas: el  $P1$  "Consumo energético doméstico en calefacción por  $m^2$ "; el  $P2$  "Consumo energético doméstico en refrigeración por  $m^2$ "; y el  $P3$  "Consumo energético doméstico en agua caliente sanitaria por habitante".

Sumando los resultados obtenidos por estos tres indicadores ( $P1$ ,  $P2$  y  $P3$ ) se obtienen los ahorros producidos por las viviendas para la medida de "Rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes".

#### Calefacción

El indicador  $P1$  propuesto hace referencia al consumo energético doméstico unitario por  $m^2$  en la actividad de calefacción. La expresión que nos permite calcular este indicador es:

$$P1 = \left( \frac{E^{\text{Hel}} \cdot FC_1 + E^{\text{Hnon-el}} \cdot FC_2}{F} \right) \cdot \left( \frac{MDD_{25}^{\text{Heating}}}{ADD^{\text{Heating}}} \right)$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$ : Consumo eléctrico en hogares
- $FC_1$ : % del  $E^{\text{Hel}}$  destinado a calefacción
- $E^{\text{Hnon-el}}$ : Consumo térmico en hogares
- $FC_2$ : % del  $E^{\text{Hnon-el}}$  destinado a calefacción
- $F$ :  $m^2$  de superficie de las viviendas
- $ADD^{\text{Heating}}$ : Grados-días de calefacción
- $MDD_{25}^{\text{Heating}}$ : Media de  $ADD^{\text{Heating}}$  de los últimos 25 años

El consumo en calefacción de los hogares se ha obtenido al multiplicar el consumo total por el porcentaje correspondiente del consumo destinado a calefacción tanto eléctrica como térmica.

Este indicador ha sido corregido por el efecto del clima multiplicando por el cociente entre la media de los grados-días de calefacción de los últimos 25 años con los grados-día de calefacción del año en el que se calculan los ahorros.

### Refrigeración

El indicador  $P2$  hace referencia al consumo energético doméstico unitario por  $m^2$  en la actividad de refrigeración.

$$P2 = \left( \frac{E^{\text{Hel}} \cdot FC}{F} \right) \cdot \left( \frac{MDD_{25}^{\text{Cooling}}}{ADD^{\text{Cooling}}} \right)$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $FC$  : % del  $E^{\text{Hel}}$  destinado a refrigeración
- $F$  :  $m^2$  de superficie de las viviendas
- $ADD^{\text{Cooling}}$  : Grados-días de refrigeración
- $MDD_{25}^{\text{Cooling}}$  : Media de  $ADD^{\text{Cooling}}$  de los últimos 25 años

La expresión utilizada para el cálculo de este indicador es muy similar a la que se ha utilizado en el caso del indicador anterior  $P1$ . La diferencia estriba en que los sistemas de refrigeración existentes en los hogares consumen exclusivamente energía eléctrica y por lo tanto sólo se ha corregido el consumo eléctrico doméstico por el porcentaje de consumo eléctrico doméstico de refrigeración.

A su vez, para la corrección del indicador por factores de climatología se han utilizado los grados-días de refrigeración y no de calefacción.

### Agua caliente sanitaria

El indicador  $P3$  hace referencia al consumo energético doméstico unitario por habitante en agua caliente sanitaria, según la expresión:

$$P3 = \left( \frac{E^{\text{Hel}} \cdot FC_1 + E^{\text{Hnon-el}} \cdot FC_2}{P} \right)$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $FC_1$  : % del  $E^{\text{Hel}}$  destinado a ACS
- $E^{\text{Hnon-el}}$  : Consumo térmico en hogares
- $FC_2$  : % del  $E^{\text{Hnon-el}}$  destinado a ACS
- $P$  : Población

El consumo energético se corrige en este caso por el porcentaje de consumo de agua caliente sanitaria siendo la variable de actividad el número de habitantes.

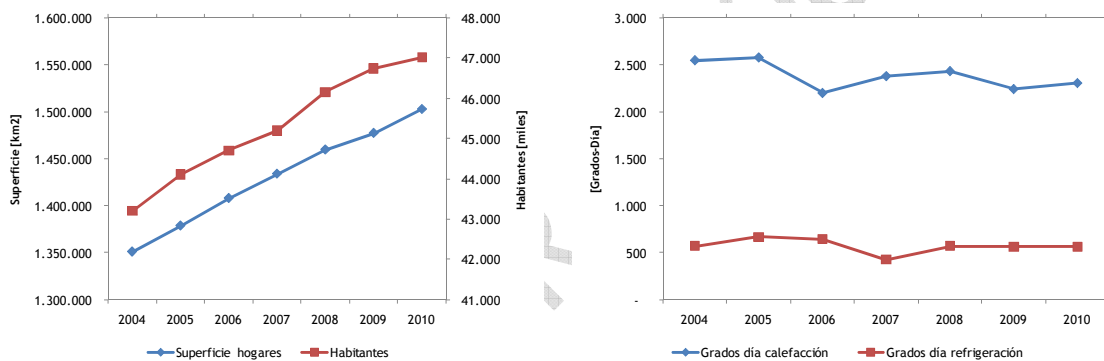
## 3.2. Variables clave en la rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

**Tabla 61.** Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores P en la medida “Rehabilitación de la envolvente térmica y mejora de las instalaciones térmicas de los edificios existentes en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo térmico en hogares [ktep]	11.045	11.534	11.103	10.448	11.223	IDAE
Consumo eléctrico en hogares [ktep]	5.072	5.296	5.098	4.798	5.154	IDAE
Superficie de hogares [km <sup>2</sup> ]	1.350.669,9	1.433.563,1	1.459.322,7	1.477.011,8	1.502.495,9	IDAE
Población [miles de personas]	43.197,7	45.200,7	46.157,8	46.745,8	47.021,0	OCC
Grados-Días calefacción	2546	2378	2431	2242	2305	IDAE
GD calefacción referencia (25 años)	2126	2136	2144	2151	2139	IDAE
Grados-Días refrigeración	568	426	568	563	564	IDAE
GD refrigeración referencia (25 años)	560	560	560	560	560	IDAE

**Figura 37.** Evolución de la superficie media de los hogares y el número de habitantes (izquierda) y evolución de los grados-día de calefacción y refrigeración (derecha) en el periodo 2004-2010



**Tabla 62.** Distribución por usos domésticos en la medida “Rehabilitación de la envolvente térmica y mejora de las instalaciones térmicas de los edificios existentes en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Uso térmico doméstico destinado a calefacción [%]	58,2	56,8	57,9	57,1	57,0	IDAE
Uso térmico doméstico destinado a ACS [%]	34,0	35,4	34,3	35,5	35,7	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a refrigeración [%]	1,7	2,6	2,8	3,1	3,3	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a calefacción [%]	28,4	26,1	25,9	25,6	25,4	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a ACS [%]	10,8	11,0	8,8	9,8	9,4	IDAE

### 3.3. Plan Renove de envolvente

#### Descripción

El “Plan Renove de envolvente térmica” es un mecanismo que se encuentra dentro de la medida de “Rehabilitación de la envolvente térmica de los edificios existentes” y se ha desarrollado dentro de los convenios de colaboración firmados por el IDAE y las Comunidades Autónomas.

### **Metodología de cálculo**

Para calcular el efecto producido por el mecanismo de “Plan Renove de envolvente” se han utilizado los informes anuales elaborados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados mediante las ayudas públicas a la renovación de fachadas, cubiertas y ventanas.

Se considera, tal y como propone la Comisión Europea, que la vida útil de esta tipología de mejoras es de 30 años para paredes y ventanas y 25 años para suelos y cubiertas. Esto supera el periodo de análisis por lo que los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros reportados cada año desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

Así, la medida del ahorro vendrá dada por el indicador ascendente siguiente:

$$BU_{et} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{et}$$

donde:

- $Ah_{et}$  : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación al “Plan Renove de envolvente”

### **3.4. Plan Renove de instalaciones térmicas**

#### **Descripción**

El “Plan Renove de instalaciones térmicas” es un mecanismo que se encuentra dentro de la medida de “Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes” y está desarrollado dentro de los convenios de colaboración firmados por el IDAE y las Comunidades Autónomas.

#### **Metodología de cálculo**

Para calcular el efecto producido por el mecanismo “Plan Renove de instalaciones térmicas” se han utilizado los informes facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados por las ayudas públicas a la renovación de sistemas de calefacción, refrigeración y ACS.

La vida útil de esta tipología de mejoras -15 años para refrigeración y 30 años para calefacción- supera el periodo de análisis por lo que los ahorros alcanzados en 2010 serán el sumatorio de los ahorros reportados desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida. El indicador se calcula siguiendo la expresión:

$$BU_{it} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{it}$$

donde:

- $Ah_{it}$  : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación al “Plan Renove de instalaciones térmicas”

### **3.5. Código Técnico de la Edificación**

#### **Descripción**

La normativa sobre el “Código Técnico de la Edificación” (RD 314/2006), en adelante CTE, hace referencia exclusivamente a los edificios y viviendas de nueva construcción desde que entró en vigor. Por consiguiente, las mejoras sólo se han aplicado a las nuevas construcciones a partir de 2007, clasificando las viviendas entre la letra ‘A’ para aquellas más eficientes y la ‘E’ para aquellas que cumplen estrictamente con la normativa.

#### **Metodología de cálculo**

Los ahorros producidos en el periodo se han calculado multiplicando para cada tipología de calificación energética (A, B, C y D) los metros cuadrados de hogares nuevos construidos por la diferencia entre su consumo (de calefacción y refrigeración) y aquel propio de una vivienda de referencia (E). Así, el ahorro se puede calcular siguiendo el indicador siguiente:

$$BU_{CTE} = \sum_{X=A}^D F_t^{Nuevas} \cdot (C^E - C^X)_t$$

donde:

- $F_t^{Nuevas}$  : metros cuadrados de superficie de hogares de nueva construcción que poseen sistema de calefacción ó refrigeración
- $C^E$  : Consumo de calefacción ó refrigeración de una vivienda clase E
- $C^X$  : Consumo de calefacción ó refrigeración de una vivienda clase A, B, C ó D

El número de hogares de nueva construcción se ha obtenido multiplicando el número de viviendas nuevas construidas anualmente por el porcentaje que suponen los hogares frente a las viviendas. A su vez, este valor se ha corregido con el porcentaje de hogares de nueva construcción que poseen algún sistema de calefacción o refrigeración.

Posteriormente se ha asignado una demanda energética de calefacción y refrigeración a cada calificación energética corrigiéndose por los rendimientos de los equipos de climatización pudiendo ser tradicionales o eficientes. Los equipos tradicionales se han asociado a las viviendas menos eficientes y viceversa, obteniendo una demanda teórica de calefacción y refrigeración para cada calificación energética.

Finalmente a estos valores se les ha aplicado un porcentaje corrector que relaciona la demanda teórica con el consumo final total por lo que se obtienen los valores de consumo reales para cada actividad y calificación energética según el CTE.

### ***Variables clave para evaluar los ahorros del Código Técnico de la Edificación***

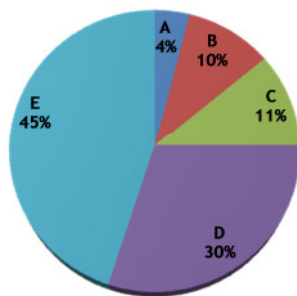
En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros directos producidos por este mecanismo.

**Tabla 63.** Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros ligados al Código Técnico de la Edificación en el periodo 2004-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Hogares nuevos [miles de hogares]	N/A	424.844	460.941	326.817	235.392	INE
Superficie media vivienda en bloque [m2]	N/A	98,3	96,8	95,6	94,3	INE
Superficie media vivienda unifamiliar [m2]	N/A	167,6	172,7	175,6	179,1	INE
Viviendas nuevas en bloque [%]	N/A	0,84	0,80	0,77	0,75	INE
Viviendas nuevas unifamiliares [%]	N/A	0,16	0,20	0,23	0,25	INE
Ratio hogares/viviendas [%]	N/A	0,61	0,68	0,76	N/A	INE
Hogares con equipos de calefacción [%]	N/A	0,70	0,70	0,70	0,70	IDAE
Hogares con equipos de refrigeración [%]	N/A	0,36	0,36	0,36	0,36	IDAE



**Figura 38. Distribución de calificación energética de nuevas viviendas en 2010**



**Tabla 64. Número de hogares unifamiliares nuevos construidos por calificación**

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Hog. unifamiliares calificación A [ud]	N/A	2.639	3.693	2.968	2.314	IDAE
Hog. unifamiliares calificación B [ud]	N/A	6.599	9.232	7.419	5.784	IDAE
Hog. unifamiliares calificación C [ud]	N/A	7.259	10.155	8.161	6.362	IDAE
Hog. unifamiliares calificación D [ud]	N/A	19.796	27.695	22.257	17.351	IDAE
Hog. unifamiliares calificación E [ud]	N/A	29.694	41.542	33.386	26.027	IDAE

**Tabla 65. Número de hogares en bloque nuevos construidos por calificación**

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Hogares en bloque calificación A [ud]	N/A	14.354	14.745	10.105	7.102	EP
Hogares en bloque calificación B [ud]	N/A	35.886	36.863	25.263	17.755	EP
Hogares en bloque calificación C [ud]	N/A	39.474	40.549	27.789	19.531	EP
Hogares en bloque calificación D [ud]	N/A	107.657	110.588	75.788	53.266	EP
Hogares en bloque calificación E [ud]	N/A	161.486	165.881	113.682	79.899	EP

**Tabla 66. Ahorro total en calefacción de viviendas unifamiliares nuevas construidas por calificación**

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Ahorro viviendas unifamiliares A [kWh]	N/A	21.592.355	31.221.851	26.209.552	20.842.178	EP
Ahorro viviendas unifamiliares B [kWh]	N/A	48.474.676	70.095.729	58.838.597	46.789.220	EP
Ahorro viviendas unifamiliares C [kWh]	N/A	43.914.847	63.508.026	53.302.664	42.386.974	EP
Ahorro viviendas unifamiliares D [kWh]	N/A	78.061.748	112.928.401	94.737.846	75.336.772	EP
Ahorro viviendas unifamiliares E [kWh]	N/A	0	0	0	0	EP

**Tabla 67. Ahorro total en calefacción de viviendas en bloque nuevas construidas por calificación**

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Ahorro viviendas en bloque A [kWh]	N/A	57.342.175	58.213.158	40.594.981	28.158.251	EP
Ahorro viviendas en bloque B [kWh]	N/A	130.099.372	132.054.821	92.042.261	63.844.077	EP
Ahorro viviendas en bloque C [kWh]	N/A	120.444.218	122.226.311	85.127.972	59.048.058	EP

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Ahorro viviendas en bloque D [kWh]	N/A	226.959.607	230.167.429	159.966.901	110.959.237	EP
Ahorro viviendas en bloque E [kWh]	N/A	0	0	0	0	EP

**Tabla 68.** Ahorro total en refrigeración de viviendas unifamiliares nuevas construidas por calificación

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Ahorro viviendas unifamiliares A [kWh]	N/A	1.019.242	1.449.103	1.159.893	922.362	EP
Ahorro viviendas unifamiliares B [kWh]	N/A	2.189.835	3.113.523	2.491.966	1.981.644	EP
Ahorro viviendas unifamiliares C [kWh]	N/A	1.889.637	2.686.518	2.150.493	1.710.100	EP
Ahorro viviendas unifamiliares D [kWh]	N/A	2.452.796	3.486.400	2.792.260	2.220.442	EP
Ahorro viviendas unifamiliares E [kWh]	N/A	0	0	0	0	EP

**Tabla 69.** Ahorro total en refrigeración de viviendas en bloque nuevas construidas por calificación

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Ahorro viviendas en bloque A [kWh]	N/A	2.426.864	2.419.131	1.604.806	1.113.155	EP
Ahorro viviendas en bloque B [kWh]	N/A	5.242.410	5.225.762	3.466.596	2.404.565	EP
Ahorro viviendas en bloque C [kWh]	N/A	4.481.259	4.466.575	2.963.463	2.055.573	EP
Ahorro viviendas en bloque D [kWh]	N/A	5.610.087	5.589.811	3.710.679	2.573.870	EP
Ahorro viviendas en bloque E [kWh]	N/A	0	0	0	0	EP

**Tabla 70.** Rendimientos según calificación energética

	Calificación E	Calificación D	Calificación C	Calificación B	Calificación A	Fuente
Rendimiento estacional de calderas tradicionales	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	EP
Rendimiento estacional de calderas eficientes	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	EP
Rendimiento estacional de AACC tradicionales	1,80	1,80	1,80	1,80	1,80	EP
Rendimiento estacional de AACC eficiente	1,80	2,00	2,30	2,50	3,00	EP
Rendimiento estacional de calderas tradicionales	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	EP

### 3.6. Proyectos estratégicos

#### Descripción

Los “Proyectos estratégicos” son una iniciativa del IDAE que consiste en paquetes de actuaciones de mejora que abarcan la totalidad de los usos energéticos en los edificios, estando la mayoría de ellos dirigidos a la envolvente e instalaciones térmicas del sector servicios, por lo que se han asociado sus ahorros a los de este uso.

Un requisito fundamental para beneficiarse de este tipo de iniciativas es reportar una memoria final al IDAE con las actividades que se han llevado a cabo y los ahorros que se han conseguido, lo que ha permitido la evaluación de estos ahorros.

### Metodología de cálculo

Para calcular el ahorro producido por el mecanismo de “Proyectos estratégicos” se han utilizado los informes anuales elaborados por las empresas beneficiarias de las ayudas sobre los ahorros, estimando dicho ahorro con la expresión:

$$BU_{et} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{pe}$$

donde:

- $Ah_{pe}$  : Ahorros anuales reportados por las empresas beneficiarias en relación a “Proyectos estratégicos”

### Ahorros directos en la envolvente e instalaciones térmicas

Los ahorros directos son aquellos que se han producido por el desarrollo de medidas concretas en el subsector, así como por todos los mecanismos impulsados de manera específica desde la Administración con el objetivo de mejorar la eficiencia de las envolventes e instalaciones térmicas.

Por disponibilidad de información sólo ha sido posible calcular los ahorros producidos por la medida en el ámbito doméstico.

**Tabla 71. Resultados de ahorro de las medidas “Rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes”**

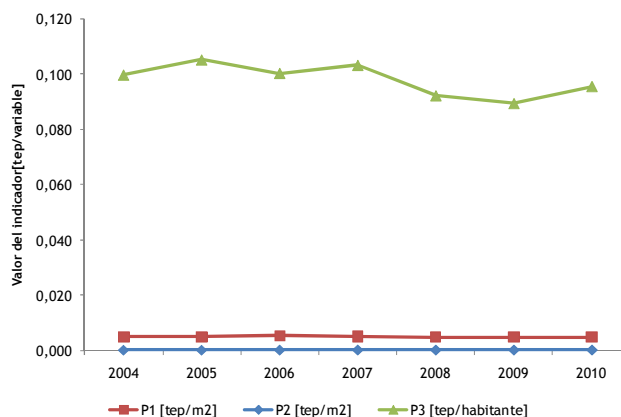
		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Rehabilitación envolvente térmica y EE	$P1+P2+P3$	<b>706,7</b>	<b>273,9</b>
	Consumo doméstico en calefacción	$P1$	275,1	153,7
	Consumo doméstico en refrigeración	$P2$	-53,8	-76,6
	Consumo doméstico en ACS	$P3$	485,5	196,9
Base 2007 [ktep]	Rehabilitación envolvente térmica y EE	$P1+P2+P3$	<b>1.126,0</b>	<b>698,6</b>
	Consumo doméstico en calefacción	$P1$	434,9	316,3
	Consumo doméstico en refrigeración	$P2$	38,1	16,9
	Consumo doméstico en ACS	$P3$	653,1	365,4

Los indicadores descendentes  $P$  de la Tabla 71 muestran en el ámbito doméstico unos ahorros de 273,9 ktep en el período 2004-2010 (lo que representa un 11% sobre el total del sector edificios) y de 698,6 ktep en el periodo 2007-2010 asociados a la rehabilitación energética de los hogares existentes.

**Tabla 72. Evolución indicadores  $P$  relativo a la rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia energética de las instalaciones térmicas de los edificios existentes en el periodo 2004-2010**

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
$P1$	Indicador de consumo unitario doméstico en calefacción por m2 [tep/m2]	0,00486	0,00497	0,00468	0,00467	0,00476
$P2$	Indicador de consumo unitario doméstico en refrigeración por m2 [tep/m2]	0,00006	0,00012	0,00010	0,00010	0,00011
$P3$	Indicador de consumo unitario doméstico en ACS por habitante [tep/habitante]	0,09965	0,10324	0,09211	0,08927	0,09547

**Figura 39.** Evolución de los indicadores P relativos a la rehabilitación energética de la envolvente térmica y mejora de la eficiencia de las instalaciones térmicas de los edificios existentes en el período 2004-2010



En la Tabla 73 se muestran los ahorros conseguidos por cada uno de los mecanismos desarrollados en el subsector durante el período estudiado.

**Tabla 73.** Resultados de ahorro de los mecanismos en el subsector de envolvente e instalaciones térmicas

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Plan Renove de envolvente	$BU_{et}$	15,0	22,3
	Plan Renove de instalaciones térmicas	$BU_{it}$	44,8	61,1
	Código Técnico de la Edificación	$BU_{cte}$	191,97	<b>231,73</b>
	Proyectos estratégicos	$BU_{pe}$	48,2	60,9
Base 2007 [ktep]	Plan Renove de envolvente	$BU_{et}$	10,3	17,6
	Plan Renove de instalaciones térmicas	$BU_{it}$	33,7	50,0
	Código Técnico de la Edificación	$BU_{cte}$	127,28	<b>167,04</b>
	Proyectos estratégicos	$BU_{pe}$	48,2	60,9

**Tabla 74.** Subvención destinada a los mecanismos del subsector envolvente e instalaciones térmicas

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Plan Renove de envolvente [k€]	15.329,89	8.244,89	23.967,82	27.380,62	36.576,70	IDAE
Plan Renove de instalaciones térmicas [k€]	13.522,99	12.868,79	41.511,99	38.820,03	38.802,79	IDAE
Proyectos estratégicos [k€]	N/A	N/A	25.158,32	32.552,68	54.083,22	IDAE

Como se puede observar en la Tabla 74 los ahorros más significativos se han producido en el mecanismo de Código técnico de la edificación -un 61% del total del ahorro obtenido por el conjunto de mecanismos- al afectar a todas las viviendas construidas desde 2007.

#### 4. Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes

El objetivo de esta medida es la reducción del consumo de energía de las instalaciones de iluminación interior existentes en los edificios, tanto de sector doméstico como del sector servicios. Esta medida pretende fomentar la mejora de las instalaciones de iluminación interior existentes en cuanto a eficiencia energética. Para ello se plantea la renovación por otras aquellas que cumplan, como mínimo, con las exigencias establecidas en el Código Técnico de la Edificación, reduciendo de este modo el consumo de energía.

##### 4.1. Metodología de cálculo

Del mismo modo que en el resto de usos para poder medir los ahorros conseguidos en iluminación interior en el sector doméstico, es necesario conocer la variación de los consumos eléctricos unitarios respecto a una variable de actividad adecuada, en este caso la evolución del número de hogares.

Por lo tanto, para calcular los ahorros, se ha utilizado el indicador  $P5$  propuesto por la Comisión Europea que relaciona el consumo eléctrico de iluminación interior por el número de hogares.

$$P5 = \left( \frac{E^{\text{Hel}}}{D} \right) \cdot FC$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo eléctrico doméstico destinado a iluminación interior

Para su cálculo se ha corregido el consumo eléctrico doméstico por el porcentaje de consumo eléctrico en los hogares destinado a iluminación. Este resultado se ha dividido por el número de viviendas ocupadas de una manera permanente (los hogares) obteniéndose el consumo unitario de iluminación por hogar.

$$\text{Ahorros obtenidos por } P5 = \left[ \left( \frac{E_{2004}^{\text{Hel}}}{D_{2004}} \right) \cdot FC_{2004} - \left( \frac{E_{2010}^{\text{Hel}}}{D_{2010}} \right) \cdot FC_{2010} \right] \cdot D_{2010}$$

donde:

- $E^{\text{Hel}}$  : Consumo eléctrico en hogares
- $D$  : Número de viviendas ocupadas
- $FC$  : % del consumo eléctrico doméstico destinado a iluminación interior

El resultado de ahorro de este indicador muestra el alcanzado por esta medida solamente en los hogares, quedando como un ahorro indirecto la eficiencia conseguida en la iluminación de los edificios del sector servicios.

##### 4.2. Variables clave en la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

**Tabla 75. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores P en la medida “Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes” en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo eléctrico en hogares [ktep]	5.072	5.296	5.098	4.798	5.154	IDAE
Viviendas ocupadas [miles de viviendas]	14.904	16.280	16.741	17.068	17.304	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a iluminación [%]	12,3	12,3	12,8	12,4	12,4	IDAE

### 4.3. Programa de reparto de lámparas de bajo consumo

#### Descripción

Dentro del “Plan de activación del ahorro y la eficiencia energética” se puso en marcha el “Programa de reparto de lámpara de bajo consumo” destinado al sector doméstico. Dicha iniciativa consiste en la inclusión en la factura eléctrica de vales con los que obtener bombillas de bajo consumo.

#### Metodología de cálculo

Para la determinación del ahorro obtenido gracias a esta iniciativa se han calculado la diferencia de potencias entre la lámpara incandescente sustituida y la lámpara eficiente sustituyente. Posteriormente esta mejora unitaria se ha multiplicado por el número anual de horas de funcionamiento medio de una bombilla y por el número de lámparas eficientes repartidas a través del programa, según la expresión:

$$BU_{it} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} (P^I - P^E) \cdot H \cdot L(\text{Rep})_t$$

donde:

- $P^I$  : Potencia de una lámpara incandescente
- $P^E$  : Potencia de una lámpara eficiente
- $H$  : Número medio de horas de funcionamiento
- $L(\text{Rep})$  : Número de lámparas repartidas cada año por el programa

La vida útil para luminarias de bajo consumo es aproximadamente 15 años, tiempo que supera el presente periodo de análisis por lo que los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros reportados desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

#### Variables clave para el cálculo de ahorro asociado al reparto de lámparas de bajo consumo

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros directos producidos por este mecanismo.

**Tabla 76. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros del mecanismo “Programa de reparto de lámparas de bajo consumo a través de tickets regalo con la factura eléctrica” 2004-2010**

	2005	2007	2008	2009	2010	Fuente
Número de lámparas (tickets regalo) [unid]	200.592	N/A	N/A	7.254.250	6.576.625	IDAE
Número medio de horas de funcionamiento [h]	1.050	N/A	N/A	1.050	1.050	IDAE
Potencia Bombilla Incandescente [W]	100	N/A	N/A	100	100	IDAE
Potencia Bombilla Eficiente [W]	18	N/A	N/A	18	18	IDAE

#### 4.4. Programa de reparto 2x1 de lámparas de bajo consumo

##### Descripción

El “Programa de reparto 2x1 de lámparas de bajo consumo” está dirigido al sector doméstico y también pertenece al “Plan de activación del ahorro y la eficiencia energética”.

##### Metodología de cálculo

Para el cálculo de los ahorros asociados a este mecanismo se ha utilizado un indicador ascendente similar al utilizado en el mecanismo anterior.

$$BU_{12} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} (P^I - P^E)_t \cdot H \cdot L(2x1)_t$$

donde:

- $P^I$  : Potencia de una lámpara incandescente
- $P^E$  : Potencia de una lámpara eficiente
- $H$  : Número medio de horas de funcionamiento
- $L(2x1)$  : Número de lámparas que han sido repartidas en el programa

La vida útil para lamparas de bajo consumo es aproximadamente 8 años, tiempo en el que se supera el presente periodo de análisis por lo que los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros reportados desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

##### Variables clave para la estimación del ahorro ligado al programa 2x1

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros directos producidos por este mecanismo.

Tabla 77. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros del mecanismo programa de reparto 2x1 de lámparas de bajo consumo en el periodo 2004-2010

	2005	2007	2008	2009	2010	Fuente
Número de lámparas (2x1) [unid]	N/A	N/A	2.400.000	N/A	N/A	IDAE
Número medio de horas de funcionamiento [h]	N/A	N/A	1.050	N/A	N/A	IDAE
Potencia Bombilla Incandescente [W]	N/A	N/A	100	N/A	N/A	IDAE
Potencia Bombilla Eficiente [W]	N/A	N/A	15	N/A	N/A	IDAE

#### 4.5. Mejora de eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior

##### Descripción

La “Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior” es un mecanismo que se encuentra desarrollado dentro de los convenios de colaboración firmados por el IDAE y las Comunidades Autónomas.

##### Metodología de cálculo

Para calcular el efecto producido por el mecanismo “Plan Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes” se han utilizado los reportes facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los

ahorros alcanzados por las ayudas públicas a la renovación de sistemas de iluminación. Al contrario que los dos mecanismos presentados anteriormente, éste ha estado dirigido al sector servicios.

$$BU_{ii} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{ii}$$

donde:

- $Ah_{ii}$  : Ahorros anuales reportados por las CCAA en relación al “Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de iluminación interior de edificios existentes”

La vida útil de esta tipología de mejoras (15 años) supera el periodo de análisis por lo que los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros reportados desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

### Ahorros directos en iluminación interior

Se han considerado como ahorros directos los producidos como consecuencia de la puesta en marcha de medidas específicas que disminuyan el consumo en el subsector de la iluminación interior, así como los ahorros obtenidos por los mecanismos que desde las Administraciones Públicas se han desarrollado.

Por disponibilidad de información solo ha sido posible calcular los ahorros producidos por la medida en el ámbito doméstico.

**Tabla 78. Resultados de ahorro de la medida “Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes” en el periodo 2004-2010**

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Mejora EE de iluminación interior	P5	116,4	81,0
Base 2007 [ktep]	Mejora EE de iluminación interior	P5	89,1	53,3

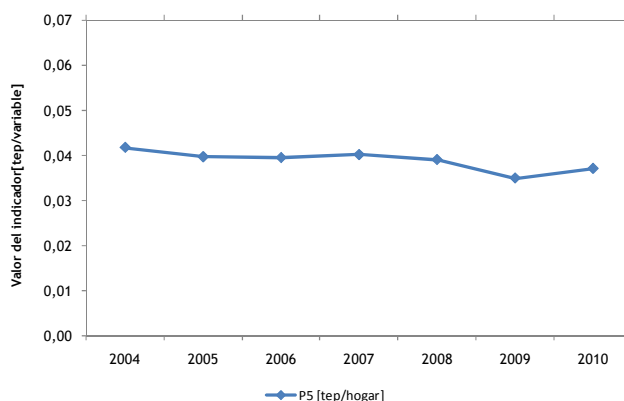
Como se puede observar en la Tabla 78 los ahorros disminuyen de una manera considerable entre 2009 y 2010 (-30%) ya que en España se produjo entre esos años un aumento tanto del consumo eléctrico doméstico como del número de hogares.

**Tabla 79. Evolución indicadores P del subsector iluminación interior en el periodo 2004-2010**

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
P5	Indicador de consumo unitario eléctrico en iluminación por hogar [tep/hogar]	0,0417	0,0401	0,0390	0,0349	0,0370



Figura 40. Evolución del indicador P relativo a la iluminación interior en el periodo 2004-2010



En la Tabla 80 se muestran los ahorros que se han conseguido por cada uno de los mecanismos que se han desarrollado en el subsector iluminación interior.

Tabla 80. Resultados de ahorro de los mecanismos en el subsector de iluminación interior

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Reparto de lámparas de bajo consumo	$BU_{i1}$	45,1	84,9
	2x1 de lámparas de bajo consumo	$BU_{i2}$	13,0	13,0
	Instalaciones de iluminación interior	$BU_{i3}$	20,0	29,7
Base 2007 [ktep]	Reparto de lámparas de bajo consumo	$BU_{i1}$	43,9	83,7
	2x1 de lámparas de bajo consumo	$BU_{i2}$	13,0	13,0
	Instalaciones de iluminación interior	$BU_{i3}$	15,2	24,9

Tabla 81. Subvención destinada a los mecanismos del subsector iluminación interior

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Reparto de lámparas de bajo consumo [k€]	N/A	N/A	N/A	27.848,34	13.693,43	IDAE
2x1 de lámparas de bajo consumo [k€]	N/A	N/A	3.130,38	N/A	N/A	IDAE
Instalaciones de iluminación interior [k€]	1.781,89	1.859,89	4.058,23	7.420,91	7.400,26	IDAE

Como consecuencia de la puesta en marcha de la actuación “Instalaciones de iluminación interior de edificios existentes” incluida dentro de los convenios de colaboración del IDAE con las Comunidades Autónomas, se han obtenido casi 30 ktep de ahorro en 2010 respecto a 2004.

Por otro lado, también se han podido cuantificar a través de indicadores ascendentes dos programas especiales incluidos dentro del “Plan de activación del ahorro y la eficiencia energética” como son el “Programa 2x1 de reparto de lámparas eficientes” (13 ktep) y el “Programa de reparto gratuito de lámparas eficientes” (85 ktep).

Resulta raro que los ahorros producidos por los mecanismos (98 ktep) sean superiores al total de los ahorros conseguidos por la medida (81,0 ktep) en la parte doméstica para el mismo período de tiempo. Esto se debe a que en un momento concreto del tiempo, cuando se han puesto en marcha estos mecanismos, se han producido dichos ahorros de una manera puntual.

Sin embargo, en la evaluación de los ahorros conseguidos por la medida se tiene en cuenta un período de tiempo más amplio en el que se vienen arrastrando ahorros poco significativos de años anteriores debido a que el consumo unitario de iluminación interior por hogar es más elevado. Los ahorros puntuales conseguidos por los mecanismos han ayudado a mejorar la tendencia de ahorro global de la medida “Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de iluminación interior de los edificios existentes”.

## 5. Renovación de electrodomésticos

La medida de renovación de electrodomésticos pretende incentivar la retirada de los electrodomésticos existentes y que tienen un mayor consumo energético, sustituyéndolos por otros de clase A o superior según su etiquetado energético.

El objetivo final de la medida es el de reducir el consumo de energía eléctrica en el sector doméstico, mediante la sustitución de los siguientes electrodomésticos: frigoríficos, congeladores, lavadoras, lavavajillas y hornos con etiquetado energético de clase A o superior.

### 5.1. Metodología de cálculo

#### *Renovación electrodomésticos de gama blanca*

El indicador  $P4$  está caracterizado según la Comisión Europea como el consumo por tipo de equipamiento entre su stock.

$$P4 = UEC^x$$

donde:

- $UEC^x$ : Consumo unitario de electricidad por tipología de equipo

Para el cálculo del consumo de electricidad por tipología de equipo se ha utilizado la evolución del uso que muestra el porcentaje correspondiente a cada equipo sobre el total del consumo eléctrico de electrodomésticos en los hogares.

Por otro lado, se ha calculado el número anual del stock de cada electrodoméstico a través de la evolución de su penetración en los hogares durante el periodo de análisis. Multiplicando este valor por el número de hogares existentes en España resulta el número anual de electrodomésticos en el ámbito doméstico entendiendo como hogar aquellas viviendas permanentemente ocupadas y descartando las viviendas deshabitadas o las segundas viviendas.

El indicador  $P4$  está referido a los frigoríficos, congeladores, lavavajillas y lavadoras, es decir los electrodomésticos de gama blanca, por lo que se ha considerado conveniente la creación de un nuevo indicador “ $P$ ” para el cálculo de los ahorros producidos por la renovación en cocinas y hornos, el  $P4_1$ .

#### *Renovación de cocinas y hornos*

De forma similar al indicador  $P4$  recomendado por la Comisión Europea se han calculado los ahorros correspondientes al indicador  $P4_1$ . Éste se define como la diferencia de los consumos unitarios de cada tipología de electrodomésticos multiplicada por las unidades del parque de cocinas y hornos de cada año.

$$P4_1 = UECc^x$$

donde:

- $UECc^x$ : Consumo unitario de electricidad de cocinas y hornos

El resultado final será el sumatorio de las diferencias entre los consumos unitarios (consumo por tipo de equipamiento entre su stock) del año de referencia y de cálculo multiplicado por el stock de electrodomésticos del año para el que se calcula el ahorro.

A modo de ejemplo, para el indicador  $P4$  sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } P4 = \sum_{X=\text{electrodoméstico}} (UEC_{2004}^X - UEC_{2010}^X) \cdot Stock_{2010}^X$$

donde:

- $UEC^X$ : Consumo unitario de electricidad por tipología de equipo
- $Stock^X$ : Número de electrodomésticos

El ahorro total asociado a la medida “Renovación de electrodomésticos, cocinas y hornos” se puede considerar como el sumatorio de los ahorros obtenidos por ambos indicadores,  $P4$  y  $P4_1$ .

## 5.2. Variables clave en la renovación de electrodomésticos

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en esta medida.

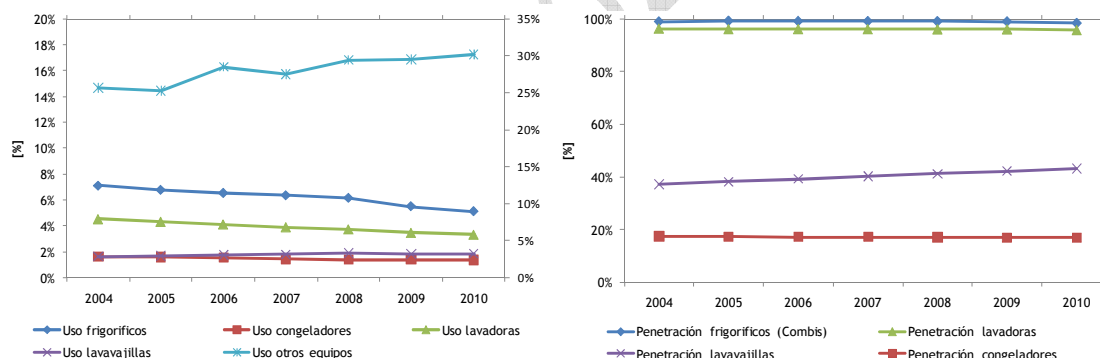
Desde 2004 se ha producido un incremento sustancial en el equipamiento de las viviendas en España, mediante la penetración de determinados electrodomésticos lo que ha generado una mayor intensidad energética por hogar.

**Tabla 82.** Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores  $P$  en la medida “Renovación de electrodomésticos” en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo térmico en hogares [ktep]	11.045	11.534	11.103	10.448	11.223	IDAE
Consumo eléctrico en hogares [ktep]	5.072	5.296	5.098	4.798	5.154	IDAE
Consumo térmico en servicios [ktep]	3.982	3.658	2.903	2.635	2.627	IDAE
Consumo eléctrico en servicios [ktep]	4.619	5.476	5.646	5.414	5.388	IDAE
Viviendas ocupadas [miles de viviendas]	14.904	16.280	16.741	17.068	17.304	IDAE
Empleados a tiempo completo [miles de empleados]	11.518	13.471	13.786	13.439	13.408	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a electrodoméstico y otros [%]	40,5	41,0	42,6	41,7	41,8	IDAE
Uso térmico doméstico destinado a cocinas y hornos [%]	6,3	7,0	7,2	7,5	7,7	IDAE
Uso eléctrico doméstico destinado a cocinas y hornos [%]	7,8	7,8	7,8	7,4	7,3	IDAE
Uso térmico en servicios destinado a cocinas y hornos [%]	5,4	5,3	5,2	6,3	6,4	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a cocinas y hornos [%]	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	IDAE
Uso eléctrico en servicios destinado a ofimática y equipos [%]	9,2	20,2	20,5	21,0	21,4	IDAE
Uso frigoríficos [%]	7,1	6,4	6,2	5,5	5,1	IDAE
Uso congeladores [%]	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	IDAE
Uso lavadoras [%]	4,5	3,9	3,7	3,5	3,3	IDAE
Uso lavavajillas [%]	1,6%	1,8%	1,9%	1,8%	1,8%	IDAE

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Uso hornos [%]	3,2%	3,3%	3,5%	3,6%	3,8%	IDAE
Uso cocinas mixtas [%]	0,6%	0,6%	0,5%	0,4%	0,3%	IDAE
Uso cocinas eléctricas [%]	2,5%	3,0%	3,0%	3,1%	3,1%	IDAE
Uso cocinas no eléctricas [%]	7,8%	6,9%	7,8%	7,8%	7,8%	IDAE
Uso otros equipos [%]	25,6%	27,5%	29,4%	29,5%	30,2%	IDAE
Penetración frigoríficos [%]	99,0%	99,1%	99,1%	99,0%	98,4%	IDAE
Penetración congeladores [%]	17,4%	17,1%	17,1%	17,0%	16,9%	IDAE
Penetración lavadoras [%]	96,4%	96,1%	96,1%	96,1%	95,8%	IDAE
Penetración lavavajillas [%]	37,3%	40,2%	41,2%	42,2%	43,2%	IDAE
Penetración hornos [%]	52,2%	54,3%	56,3%	58,4%	60,5%	IDAE
Penetración cocinas mixtas [%]	10,6%	8,9%	7,5%	6,1%	5,0%	IDAE
Penetración cocinas eléctricas [%]	44,4%	46,3%	48,2%	50,1%	51,9%	IDAE
Penetración cocinas no eléctricas [%]	44,0%	43,8%	43,3%	42,8%	42,1%	IDAE

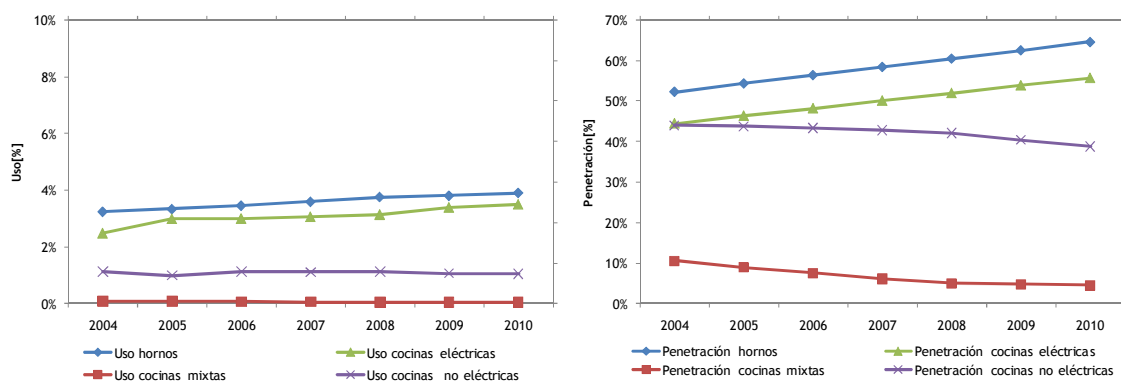
Figura 41. Evolución del uso y penetración de electrodomésticos en el sector doméstico en el periodo 2004-2010



Existe un grupo de electrodomésticos (congeladores, lavavajillas y hornos) cuyo porcentaje de uso se ha mantenido prácticamente constante a lo largo del período estudiado. A pesar de su creciente penetración en los hogares, ésta se compensa con una mejora tecnológica de la eficiencia energética.

Por otro lado, los frigoríficos (-2,0%) y las lavadoras (-1,2%) han disminuido su porcentaje de uso con respecto al total de consumo eléctrico en los hogares. Esta tipología de electrodomésticos está alcanzando la saturación del mercado por lo que la disminución en el porcentaje de uso viene provocada por la mejora de la eficiencia en los equipos. Su evolución en ventas está ligada fundamentalmente al incremento del número de viviendas al contrario que el equipamiento audiovisual y ofimático que ha crecido considerablemente en los últimos años.

**Figura 42. Evolución del uso y penetración de hornos y cocinas en el sector doméstico en el periodo 2004-2010**



La penetración de cocinas mixtas en los hogares ha disminuido de una manera considerable en el periodo de análisis (-6,1%), lo que produce una caída de su uso. Sin embargo un efecto contrario se observa en las cocinas eléctricas ya que debido a su mayor penetración aumenta su porcentaje de uso.

**Tabla 83. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores P en la medida "Renovación de electrodomésticos" en el periodo 2004-2010**

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo frigoríficos [ktep]	360,1	336,7	313,9	263,9	262,8	IDAE
Consumo congeladores [ktep]	82,2	76,2	70,2	66,8	69,7	IDAE
Consumo lavadoras [ktep]	229,5	206,4	190,2	165,8	170,7	IDAE
Consumo lavavajillas [ktep]	82,2	95,1	95,9	86,9	94,4	IDAE
Consumo hornos [ktep]	164,4	175,1	176,7	190,3	191,8	IDAE
Consumo cocinas mixtas [ktep]	30,0	30,3	23,9	19,7	15,4	IDAE
Consumo cocinas eléctricas [ktep]	126,2	157,2	153,3	162,1	159,9	IDAE
Consumo cocinas no eléctricas [ktep]	866,1	789,5	872,2	898,9	870,9	IDAE
Stock frigoríficos [miles de ud.]	14.752	16.135	16.584	16.899	17.027	IDAE
Stock congeladores [miles de ud.]	2.593	2.792	2.857	2.899	2.924	IDAE
Stock lavadoras [miles de ud.]	14.362	15.651	16.091	16.402	16.577	IDAE
Stock lavavajillas [miles de ud.]	5.554	6.550	6.901	7.205	7.475	IDAE
Stock hornos [miles de ud.]	7.781	8.318	8.933	9.508	10.123	IDAE
Stock cocinas mixtas [miles de ud.]	1.574	1.368	1.190	991	837	IDAE
Stock cocinas eléctricas [miles de ud.]	6.624	7.100	7.642	8.152	8.697	IDAE
Stock cocinas no eléctricas [miles de ud.]	6.557	6.706	6.865	6.974	7.040	IDAE

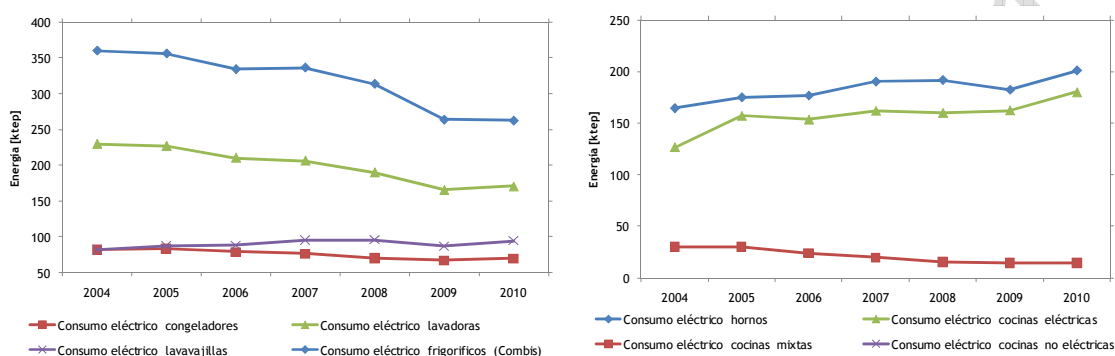
El: Elaboración IDAE

Para la estimación del consumo particular de cada tipología de electrodoméstico se ha tomado el consumo total relativo a los electrodomésticos en los hogares y se ha multiplicado por el porcentaje de uso de cada tipología. El stock de equipos se ha

obtenido mediante la relación entre el número de viviendas ocupadas y su penetración en los hogares.

Como se puede observar en la Tabla 83 de manera general el consumo unitario de los electrodomésticos en España a lo largo de los últimos años ha ido evolucionando hacia una mayor eficiencia consumiendo cada vez una menor cantidad de energía para ofrecer el mismo servicio. El número de electrodomésticos ha seguido una evolución ascendente debido a una mayor penetración en los hogares unido al aumento del número de viviendas.

**Figura 43. Evolución del consumo energético en electrodomésticos, cocinas y hornos en el período 2004-2010**



### 5.3. Plan Renove de electrodomésticos

#### Descripción

El “Plan Renove de electrodomésticos” es un mecanismo que se encuentra dentro de la medida de “Renovación de electrodomésticos” y está desarrollado dentro de los convenios de colaboración firmados por el IDAE y las Comunidades Autónomas.

#### Metodología de cálculo

Para el cálculo de los ahorros del mecanismo “Plan Renove” se han establecido un indicador ascendente para los electrodomésticos de gama blanca y otro para las cocinas y hornos.

Este tipo de indicador mide el ahorro unitario obtenido por la sustitución de un equipo, o lo que es lo mismo la diferencia entre el consumo del menos eficiente sustituido por el más eficiente sustituyente.

donde:

$$BU = UFES^X \quad \bullet \quad UFES^X : \text{Ahorro unitario de electricidad obtenido de la sustitución por tipología de equipo}$$

El resultado final del “Plan Renove” de electrodomésticos será la multiplicación del número de sustituciones reportadas por las Comunidades Autónomas en cada uno de los años de vigencia de la actuación por el ahorro que supone la renovación de un electrodoméstico no eficiente por otro eficiente.

$$\text{Ahorros obtenidos por } BU = \sum_{X=\text{electrodoméstico}} (UFES^X \cdot \text{Sustituciones})$$

donde:

- $UFES^X$  : Ahorro unitario de electricidad obtenido de la sustitución por tipología de equipo
- Sustituciones : Número de electrodomésticos sustituidos

### Variables afectadas por el mecanismo

En este apartado se van a exponer todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros directos producidos por este mecanismo.

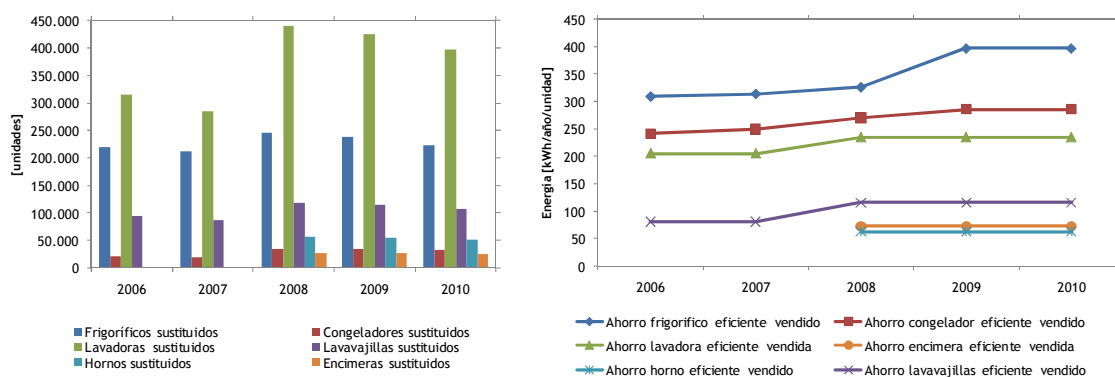
**Tabla 84. Número de unidades sustituidas como resultado del mecanismo del Plan Renove de electrodomésticos y cocinas**

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Frigoríficos [unidades]	N/A	211.322	246.619	238.994	222.651	IDAE
Congeladores [unidades]	N/A	20.138	35.298	34.206	31.867	IDAE
Lavadoras [unidades]	N/A	285.018	439.765	426.168	397.025	IDAE
Lavavajillas [unidades]	N/A	86.862	118.649	114.980	107.118	IDAE
Hornos [unidades]	N/A	N/A	56.775	55.020	51.257	IDAE
Encimeras [unidades]	N/A	N/A	26.846	26.016	24.236	IDAE

**Tabla 85. Ahorro de energía final por unidad eficiente vendida (UFES)**

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Frigoríficos [kWh/año/unidad]	N/A	313,9	325,8	397,0	397,0	IDAE
Congeladores [kWh/año/ unidad]	N/A	249,7	270,5	285,9	285,9	IDAE
Lavadoras [kWh/año/ unidad]	N/A	205,2	234,9	234,9	234,9	IDAE
Lavavajillas [kWh/año/ unidad]	N/A	121,9	153,1	153,1	153,1	IDAE
Hornos [kWh/año/ unidad]	N/A	N/A	62,4	62,4	62,4	IDAE
Encimera [kWh/año/ unidad]	N/A	N/A	72,6	72,6	72,6	IDAE

**Figura 44. Unidades sustituidas de electrodomésticos y ahorro producido en el marco del Plan Renove de electrodomésticos, de 2006 a 2010**



#### 5.4. Ahorros directos en equipamiento

Del mismo modo que los anteriores subsectores se han considerado como ahorros directos aquellos producidos por el desarrollo de medidas concretas relativas al equipamiento y los alcanzados por las iniciativas que se han llevado a cabo de una manera específica desde la Administración.

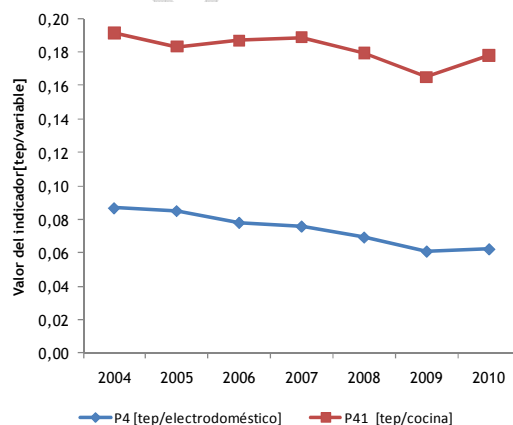
Tabla 86. Resultados de ahorro de la medida “Renovación de electrodomésticos”

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Renovación electrodomésticos	$P_{4+} P_{4_1}$	481,3	389,1
	Electrodomésticos de gama blanca	$P_4$	289,7	286,1
	Cocinas y hornos	$P_{4_1}$	191,56	102,98
Base 2007 [ktep]	Renovación electrodomésticos	$P_{4+} P_{4_1}$	335,3	242,4
	Electrodomésticos de gama blanca	$P_4$	169,3	164,6
	Cocinas y hornos	$P_{4_1}$	165,98	77,79

Tabla 87. Evolución indicadores P del subsector equipamiento

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
$P_4$	Indicador de consumo unitario por electrodoméstico [tep/electrodoméstico]	0,0869	0,0759	0,0692	0,0608	0,0622
$P_{4_1}$	Indicador de consumo unitario por cocinas y hornos por hogar [tep/cocina]	0,1913	0,1830	0,1870	0,1887	0,1794

Figura 45. Evolución de los indicadores P relativos a la Renovación de electrodomésticos en el periodo 2004-2010



Como se puede observar en la Tabla 86, se han producido en el periodo de análisis unos ahorros a 2010 de 389,1 ktep respecto a 2004, un 17% sobre el total del sector edificios (un 10% tomando 2007). El 74% ha venido provocado por la sustitución de electrodomésticos de gama blanca y el restante 26% por las cocinas y hornos.

En la Tabla 88 se muestran los ahorros que se han conseguido por el mecanismo de “Plan Renove” dirigido al subsector de equipos.



Tabla 88. Resultados de ahorro de los mecanismos en el subsector de equipos

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Plan Renove de electrodomésticos	$BU_e+BU_c$	63,1	81,4
	Renove gama blanca	$BU_e$	62,2	80,0
	Renove cocinas y hornos	$BU_c$	0,9	1,4
Base 2007 [ktep]	Plan Renove de electrodomésticos	$BU_e+BU_c$	38,2	56,5
	Renove gama blanca	$BU_e$	37,3	55,1
	Renove cocinas y hornos	$BU_c$	0,9	1,4

Tabla 89. Subvención destinada a los mecanismos del subsector equipamiento

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Plan Renove de electrodomésticos [k€]	55.231,26	51.279,81	61.100,15	59.394,49	55.332,88	IDAE

Como puede comprobarse en la Tabla 88 en términos absolutos los ahorros obtenidos en 2010 respecto a la situación de 2004 por la medida de renovación de electrodomésticos son 81,4 ktep, lo que representa un ahorro porcentual del 4% sobre el ahorro total alcanzado en el sector edificios.

La renovación de cocinas obtiene ahorros mucho más moderados que la renovación de electrodomésticos de gama blanca debido principalmente a:

- Las ayudas para la sustitución de cocinas y hornos se empezó a ofrecer en 2008, por lo que los primeros años de la medida de renovación solo se designaron ayudas para la sustitución de electrodomésticos de gama blanca.
- A partir de 2008, las ayudas y cupos asignados a la sustitución de cocinas y hornos son muy inferiores que en el caso de los electrodomésticos de gama blanca, por lo que al final de la convocatoria se sustituyen un número muy inferior de unidades.

## 6. Ahorros obtenidos en el sector edificios a 2010

El sector edificios ha conseguido unos ahorros de 2.232,49 ktep en el período 2004-2010. Esto ahorros han venido conseguidos en un 73% por el subsector de envolvente e instalaciones térmicas. El subsector de equipamiento, influido por el aumento del grado de equipamiento en los hogares y empresas, ha obtenido unos ahorros negativos de -199,1 ktep.

Tabla 90. Resultados de ahorro en el sector edificios

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Sector edificios		2.692,1	2.232,5
	Envolvente e instalaciones térmicas	$P1+P2+P3+M3_{11}+M3_{12}+M4_{11}+M4_{12}+M4_{13}$	2.084,2	1.637,7
	Iluminación interior	$P5+M4_2$	691,8	793,9
	Equipamiento	$P4+P4_1+M33+M43+M44$	-83,9	-199,1
Base 2007 [ktep]	Sector edificios		2.984,7	2.529,1
	Envolvente e instalaciones térmicas	$P1+P2+P3+M3_{11}+M3_{12}+M4_{11}+M4_{12}+M4_{13}$	2.461,8	2.020,6
	Iluminación interior	$P5+M4_2$	198,4	301,2
	Equipamiento	$P4+P4_1+M33+M43+M44$	324,6	207,3

De igual modo que en el resto de secciones los resultados expuestos a continuación se han estructurado según el uso estructurándose a su vez entre los ahorros totales asociados a perímetros exteriores y los ahorros directos producidos de forma natural o inducida. Finalmente se expone en el último apartado los posibles efectos indirectos producidos en el sector edificación.

### **6.1. Efectos indirectos y no cuantificables**

Mediante las diferencias entre los perímetros de ahorro obtenidos por los distintos indicadores es posible distinguir determinados efectos indirectos y otros efectos asociados a las medidas pero que no ha sido posible cuantificar. En relación a estos efectos que han podido observarse en las diferencias entre los distintos perímetros, cabe destacar los siguientes en cada uno de los subsectores estudiados:

#### ***Envolvente e instalaciones térmicas***

En el subsector de envolvente e instalaciones térmicas se han podido contabilizar ciertos efectos indirectos fundamentalmente en el ámbito doméstico. De este modo entre el perímetro exterior y los asociados a las medidas en los hogares se estiman 635,1 ktep mientras que para el sector servicios podrían llegar a los 627 ktep.

- La diferencia entre el perímetro exterior calculado a través de los indicadores M, y el calculado a través de indicadores P para el sector doméstico, está relacionado con las variables de actividad consideradas, causando esta diferencia la reducción del tamaño medio de los hogares en el periodo analizado, así como la disminución del número medio de habitantes por hogar.

Como efectos no cuantificables asociados a las medidas, se han considerado los siguientes efectos:

- En primer lugar, el favorecimiento de la compra de aparatos de climatización (aparatos de aire acondicionado, calderas, etc.) de las clases más eficientes, induce a una concentración de la demanda en aparatos más eficientes, favoreciendo las economías de escala de los productores y, por lo tanto, el abaratamiento final de los mismos, pudiendo obtener como resultado la presencia única de éstos aparatos, antes mencionados, en el mercado.  
Al darse esta situación, el consumidor se ve obligado a comprar aparatos eficientes debido a la oferta que existe en el mercado. Esto provoca una mejora inducida de la eficiencia en el sector.
- En segundo lugar, como efecto indirecto se puede considerar el aumento de la eficiencia en el consumo eléctrico de los aparatos de calefacción y de refrigeración puede provocar el comienzo del uso incorrecto del aparato. Se quiere decir con esta afirmación, que el consumidor al saber que sus aparatos de climatización son más eficientes y que, por lo tanto, consumen menos energía pueden empezar a no preocuparse su consumo y a empezar a usarlos de una manera más extrema aumentando su grado de confort en el hogar. El efecto de la eficiencia en el consumo se estaría perdiendo por la ampliación de los usos.
- Así mismo, también se consideran como efectos indirectos, los ahorros producidos por el resto de los mecanismos que no se han podido calcular el ahorro directo como los programas de difusión y comunicación del IDAE, el RD 47/2007 de certificación energética de edificios y el nuevo RITE.

### **Iluminación interior**

A pesar de no poder cuantificar numéricamente los efectos indirectos, sí se ha podido asociar su comportamiento a los siguientes efectos.

- La potenciación de la compra de lámparas de clases más eficientes, induce una concentración de la demanda hacia las lámparas de clase A, favoreciendo las economías de escala de los productores y, por lo tanto, el abaratamiento final de los mismos, pudiendo obtener como resultado la presencia única de electrodomésticos eficientes en el mercado.

Al darse esta situación, el consumidor se ve obligado a comprar lámparas eficientes debido a la oferta que existe en el mercado. Esto provoca una mejora inducida de la eficiencia en el sector de la iluminación interior.

- Sin embargo, esta mejora en la eficiencia de las lámparas utilizadas en los hogares, puede hacer que se empiecen a utilizar de una manera errónea debido al deseo de aumentar el confort en los hogares. Esto supondría que al ser el consumidor consciente de que las nuevas lámparas consumen menos energía, no le importaría utilizarlas durante más horas o utilizar una mayor cantidad de luz para estar más cómodo.

En este caso, la eficiencia que se ha conseguido tener en las lámparas debido a mejoras tecnológicas, se ve contrarrestada con un aumento de las horas de funcionamiento, pudiéndose llegar a consumir más energía que anteriormente con las lámparas tradicionales.

### **Equipos**

En el subsector de equipamiento entre los perímetros exteriores y los delimitados por las medidas se han considerado efectos indirectos en ambos sentidos. Mientras en los electrodomésticos de gama blanca se estiman efectos indirectos de -52,7 ktep en 2010, en el caso de las cocinas y hornos para sector doméstico y terciario, estos efectos son positivos, 101,6 ktep.

- El incremento en la penetración de determinados equipos durante el periodo de análisis ha producido un incremento en la intensidad energética por vivienda ocupada y por tanto un ahorro negativo. Tal es el caso de los electrodomésticos de gama blanca en los hogares. Por el contrario si la penetración sufre un retroceso -como por ejemplo las cocinas mixtas- la intensidad relativa a dichos equipos por hogar cae y produce ahorros positivos. De manera similar podemos observar como el importante incremento del uso de los equipos ofimáticos en el sector servicios en relación al número de empleados a tiempo completo durante los últimos años, ha producido menores ahorros.

Los efectos no cuantificables asociados a las medidas de renovación de equipos tienen un efecto directo sobre los consumos unitarios y se resumen a continuación:

- La potenciación de la compra de electrodomésticos de clases más eficientes, induce una concentración de la demanda en electrodomésticos de clase A, favoreciendo las economías de escala de los productores y, por lo tanto, el abaratamiento final de los mismos. El resultado final es una mayor presencia de electrodomésticos eficientes en el mercado.
- Finalmente entre el año 2004 y 2010 se han producido cambios en los hábitos de consumo de los usuarios ya que:
  - Una disminución del consumo en los equipos puede provocar una menor optimización del uso por parte del consumidor debido a una

búsqueda del aumento de confort en los hogares. Puede resultar en consecuencia que el ahorro conseguido a través de un electrodoméstico de clase eficiente se pierda al aumentar su uso.

- La adquisición de un electrodoméstico de alta calificación energética puede conducir a un aumento de la concienciación del usuario respecto a su consumo energético y por tanto, una reducción del consumo en los hogares.

## **6.2. Doble contabilidad**

No se han observado posibilidad de incurrir en una doble contabilidad de los ahorros producidos por estas medidas en los subsectores de equipos y de iluminación interior.

Sin embargo, en el mecanismo del Código Técnico de la Edificación para la calificación energética, en el subsector de envolvente e instalaciones térmicas, solo se han contabilizado los ahorros producidos por las viviendas nuevas construidas a partir de 2007, entrada en vigor de la normativa, en contra de lo que implica esta medida, ya que también obliga a las rehabilitaciones de edificios con una serie de características específicas de superficie y consumo.

En este caso, no se han considerado los edificios rehabilitados, ya que la rehabilitación supone el cambio de parte de los conceptos incluidos en las medidas de envolvente e instalaciones térmicas.

BORRADOR 02.06.2014

## V. SECTOR SERVICIOS PÚBLICOS

### 1. Resumen de ahorros del sector servicios públicos

#### EL SECTOR SERVICIOS PÚBLICOS

Los ahorros energéticos obtenidos durante el período 2004-2010 en el sector servicios públicos, estructurado según usos: alumbrado público y ciclo del agua, han sido de 31,8 ktep. El consumo de este sector ha representado un 1% del consumo de energía final nacional en 2010.

#### Consumos del sector

	Energía final 2010 [ktep]	Energía primaria 2010 [ktep]	Emisiones CO2 2010 [ktCO <sub>2</sub> ]
<b>TOTAL CONSUMOS SECTOR SSPP</b>	764,4	1.913,2	3.867,8
USO ALUMBRADO EXTERIOR	325,7	815,3	1.648,2
USO CICLO DEL AGUA	438,7	1.097,9	2.219,6

#### Resultado de ahorros obtenidos

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO2 [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04-10	07-10	04-10	07-10	04-10	07-10
<b>TOTAL AHORROS SECTOR</b>	31,8	28,6	79,6	67,4	161,0	144,3
ALUMBRADO EXTERIOR	4,6	11,3	11,5	26,5	23,2	56,8
CICLO DEL AGUA	27,2	17,3	68,2	40,9	137,8	87,5

#### Conclusiones

El sector de servicios públicos ha alcanzado unos ahorros de 31,8 ktep en el período 2004-2010. De los cuales, el 86% corresponden al uso del ciclo del agua, más concretamente en el uso de desalación. Sin embargo el ahorro obtenido entre 2007 y 2010, por el alumbrado público se incrementa de manera relativa sobre el total (del 14% al 39%).

Este resultado se ha logrado en parte a través de las medidas propuestas por el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de IDAE (PAE4+), apoyadas por diferentes actuaciones normativas (R.D. 1890/2008) que han estimulado la eficiencia energética en los servicios públicos.

Las iniciativas puestas en marcha se han articulado en un convenio de colaboración entre IDAE y las CCAA que han impulsado la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado exterior así como de las instalaciones actuales de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación.

Estas actuaciones han conseguido unos ahorros totales de 121,0 ktep. Un 64% de estos ahorros ha venido determinado por la "Renovación de instalaciones de alumbrado exterior", un 36% por el "Programa de sustitución de semáforos" y el 0,1% restante por "Proyectos estratégicos" al haberse puesto en marcha en 2010.

Dentro del sector servicios públicos, el uso de alumbrado público ha sido uno de los que más se ha visto afectado por la coyuntura actual, ya que la construcción de nuevas viviendas y edificios está relacionada de una manera directa con el establecimiento de nuevos sistemas de alumbrado público en las ciudades. Sin embargo la implantación del Reglamento de eficiencia energética e instalaciones de alumbrado exterior (R.D. 1890/2008), ha impulsado la mejora de la eficiencia en este sector.

## Matriz medidas-mecanismos

Medidas		Mecanismos							TOTAL
		Convenios colaboración IDAE - CCAA	Proyectos estratégicos	Renovación natural del parque	Programas de comunicación y difusión	Reglamento de eficiencia energética e instalaciones alumbrado exterior y sus ITC (RD 1890/2008)	Plan de activación del ahorro y la eficiencia energética 2008-2011	Programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED	
10 Base 04 ep]	Mejora instalaciones alumbrado exterior	77,7				-116,4		43,3	4,6
	Mejora de eficiencia en el ciclo del agua	7,0	0,2		20,0				27,2
	<b>TOTAL</b>	<b>84,7</b>	<b>0,2</b>			<b>-96,4</b>		<b>43,3</b>	<b>31,8</b>
10 Base 07 ep]	Mejora instalaciones alumbrado exterior	55,0				-87,0		43,3	11,3
	Mejora de eficiencia en el ciclo del agua	3,8	0,2		13,3				17,3
	<b>TOTAL</b>	<b>58,8</b>	<b>0,2</b>			<b>-73,7</b>		<b>43,3</b>	<b>28,6</b>

- \* Ahorros directos conseguidos por los mecanismos  
 ■ \*\* Ahorros indirectos conseguidos por los mecanismos

## USO ALUMBRADO EXTERIOR

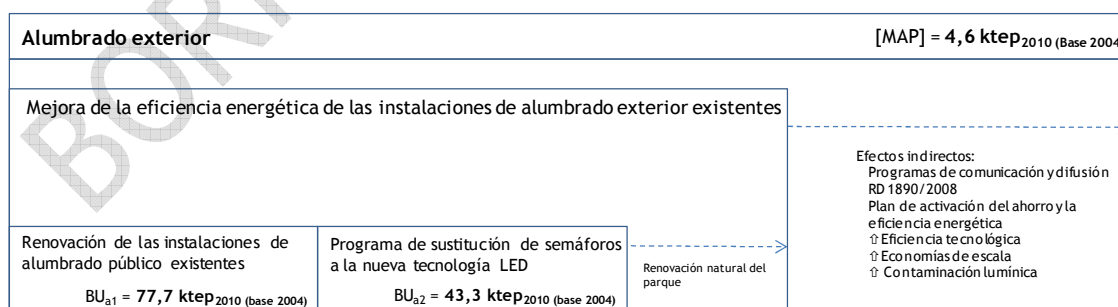
Los ahorros sobre el consumo final de energía asociados al uso del alumbrado público dentro del sector de servicios públicos han sido de 4,6 ktep en el periodo 2004-2010.

Para el cálculo del perímetro exterior se ha creado un indicador descendente similar a los propuestos por la Comisión Europea para otros sectores y particularizando al alumbrado exterior. Respecto a las medidas concretas del uso, "Mejora de la eficiencia energética de las instalaciones de alumbrado público exterior existente" se ha podido calcular mediante indicadores ascendentes el efecto de la renovación del parque inducida desde el IDAE a través de los "Planes Renove" así como del "Programa de sustitución de semáforos a la tecnología LED".

## Resultados obtenidos

		2004-2010	2007-2010
MAP	Consumo de alumbrado público por vivienda	4,6	11,3
BUa1	Renovación de las instalaciones de alumbrado público exterior existente	77,7	55,0
BUa2	Programas de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED	43,3	43,3
<b>TOTAL USO DE ALUMBRADO EXTERIOR (MAP)</b>		<b>4,6</b>	<b>11,3</b>

## Esquema de ahorros



## Conclusiones

Según el indicador descendente *M* se han producido unos ahorros en el periodo de estudio de 4,6 ktep, mayores si se atiende al período 2007-2010 (11,3 ktep) debido a que los mecanismos que se han puesto en marcha han empezado a partir de 2007.

Los indicadores ascendentes *BU* muestran que las iniciativas han producido ahorros de manera directa (121 ktep). Fundamentalmente a partir de 2007, cuando han conseguido mejorar la tendencia de ahorro en este sector.

A través de las diferencias entre los perímetros de ahorro exteriores e interiores (-116,4 ktep) es posible distinguir determinados efectos indirectos. A pesar de que el sector ha mejorado su eficiencia, el desarrollo urbanístico producido en España hasta 2008 ha aumentado de manera considerable el consumo destinado al alumbrado exterior. Por otra parte, la mejora de la eficiencia de las instalaciones de alumbrado exterior y su menor coste puede dar lugar a una mayor contaminación lumínica.

## USO DEL CICLO DEL AGUA

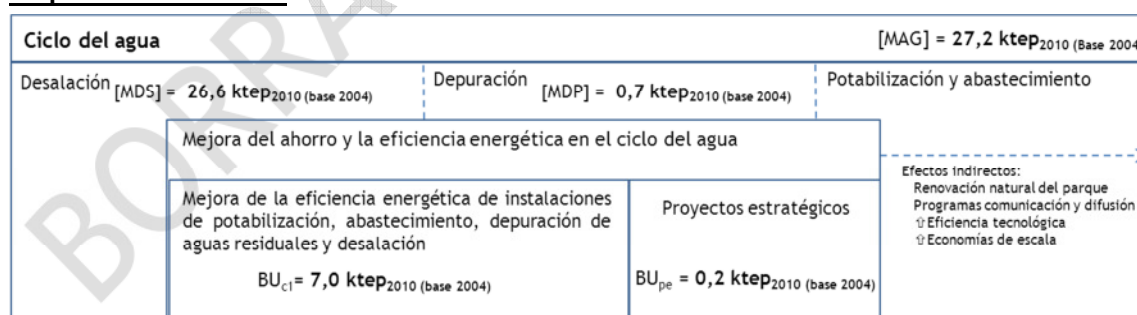
Los ahorros sobre el consumo final de energía asociados al uso del ciclo del agua dentro del sector de servicios públicos han sido de 27,2 ktep en el periodo 2004-2010.

Para el cálculo del perímetro exterior se ha estructurado el uso en dos grandes actividades como son la desalación y la depuración. Al no existir dentro del catálogo de indicadores de la Comisión Europea ningún indicador que hiciera referencia a este concepto, se han creado dos indicadores descendentes *M* para cada actividad. La suma de los ahorros según dichos indicadores da como resultado los totales en el uso del ciclo del agua. Finalmente, se ha podido calcular mediante un indicador ascendente *BU* los ahorros conseguidos a través de las medidas del Plan de Acción y el mecanismo "Proyectos estratégicos" desarrollados por IDAE.

## Resultados obtenidos

		2004-2010	2007-2010
<i>MAG</i>	Ahorro en desalación y depuración	27,2	17,3
<i>MDS</i>	Ahorro en desalación	26,6	15,2
<i>MDP</i>	Ahorro en depuración	0,7	2,1
<i>BUc1</i>	Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación	7,0	3,8
<i>BUpe</i>	Proyectos estratégicos	0,2	0,2
<b>TOTAL SUBSECTOR DEL CICLO DEL AGUA (<i>MAG</i>)</b>		<b>27,2</b>	<b>17,3</b>

## Esquema de ahorros



## Conclusiones

Según el indicador descendente  $M$  se han producido ahorros en el uso del ciclo del agua (27,2 ktep) durante el periodo estudiado. De las dos actividades que se han analizado, la desalación es la que produce el total de los ahorros conseguidos (26,6 ktep) ya que la actividad de depuración no presenta prácticamente ahorros.

Los indicadores ascendente  $BU$  muestra el ahorro que se ha producido como consecuencia del desarrollo por parte de IDAE de las medidas del Plan de Acción y proyectos estratégicos en este uso (7,2 ktep).

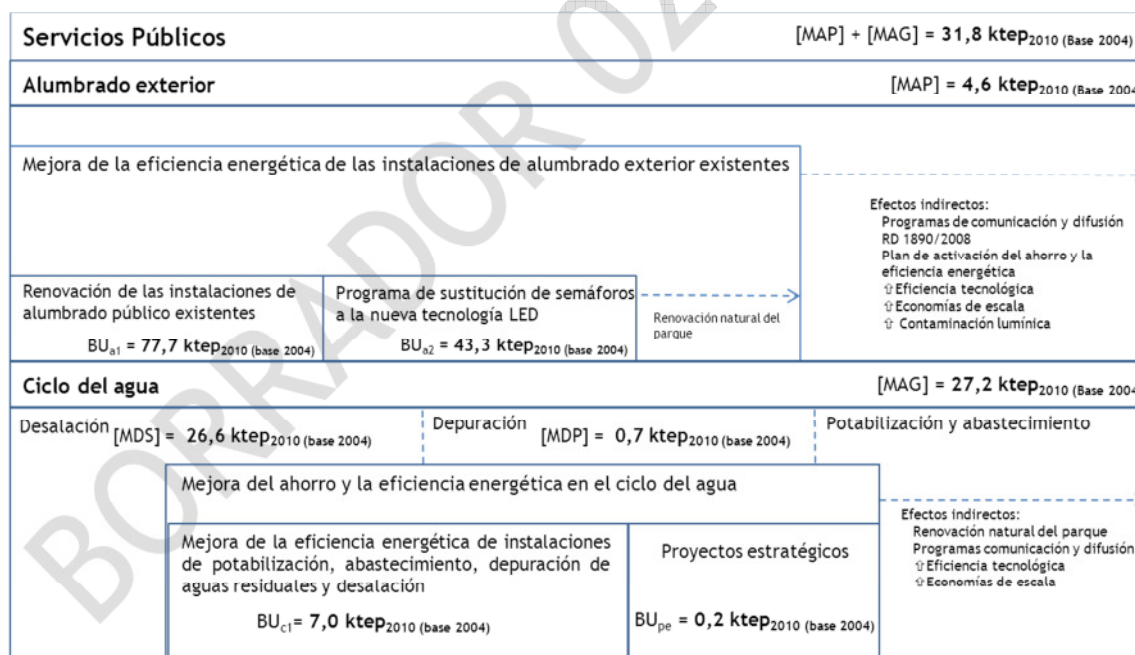
Finalmente, a través de las diferencias entre los perímetros de ahorro exteriores e interiores (20 ktep) es posible distinguir determinados efectos indirectos. Una concentración de la demanda en instalaciones del ciclo del agua más eficientes ha favorecido las economías en escala de los productores y por lo tanto el abaratamiento final de los mismos, produciendo una mejora inducida no cuantificable.

## 2. Perímetros exteriores

El sector de servicios públicos ha logrado ahorros en consumo de energía gracias a la mejora del alumbrado exterior y a las actividades que se llevan a cabo en el ciclo del agua.

Se presenta en la Figura 46 el esquema de ahorros energéticos en los servicios públicos con los valores de ahorro de 2010 con base 2004, en el que se puede observar una estructuración entre usos (alumbrado exterior y ciclo del agua) y donde se ha incluido las iniciativas impulsadas por la Administración y los posibles efectos indirectos.

Figura 46. Esquema de ahorro energético en el sector servicios públicos en 2010 y base 2004



En los siguientes apartados se desarrollarán las metodologías empleadas para cada cálculo de los ahorros en función de los elementos estructurales del sector servicios públicos: alumbrado exterior y ciclo del agua.



## 2.1. Alumbrado exterior

### Descripción

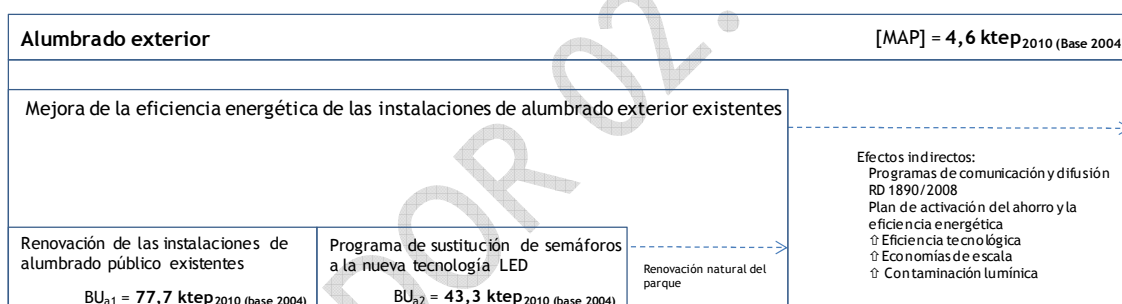
Las medidas asociadas a este uso energético impulsan la mejora de todos los sistemas de alumbrado público en ciudades, infraestructuras y carreteras. No solo se han favorecido cambios de lámparas con una mayor eficiencia, sino que también se han realizado auditorías energéticas y formación de los gestores energéticos en la Administración.

### Metodología de cálculo

En primer lugar, se ha calculado el ahorro de energía final producido en el uso mediante un indicador descendente *M* siguiendo la metodología propuesta por la Comisión Europea.

Posteriormente se han calculado los ahorros obtenidos por los diferentes mecanismos impulsados por la Administración a través de los convenios de colaboración entre el IDAE y las Comunidades Autónomas materializados en las “Renovaciones de instalaciones de alumbrado exterior” y “El programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED”, han podido calcularse mediante indicadores ascendentes ( $BU_{a1}$  y  $BU_{a2}$ ).

Figura 47. Esquema de ahorro energético en el uso de alumbrado exterior para el año 2010 y base 2004



Para poder estimar los ahorros producidos, es necesario conocer el consumo de energía eléctrica destinada a este uso. Adicionalmente, se debe buscar una variable apropiada para normalizar dicho consumo y poder así determinar la mejora de la eficiencia energética como diferencia de dichos consumos unitarios.

El despliegue de nuevas instalaciones de alumbrado exterior y por tanto su consumo, está muy relacionado con el desarrollo urbanístico. Por consiguiente la evolución del número de viviendas se considera una variable de actividad prioritaria para el cálculo de los ahorros. De la relación de estas dos variables se ha creado el indicador *MAP*.

El indicador *MAP* “Consumo eléctrico unitario de alumbrado público por vivienda” viene expresado por el cociente entre el consumo eléctrico en alumbrado exterior y el número de viviendas a nivel nacional cuyo resultado es el consumo unitario medio en alumbrado público por vivienda.

$$MAP = \left( \frac{E^{EA}}{V} \right)$$

donde:

- $E^{EA}$ : Consumo eléctrico en alumbrado exterior
- $V$ : Número de viviendas

El ahorro relativo al perímetro exterior en el uso de alumbrado público, resulta de la multiplicación de la diferencia de los valores de los consumos unitarios para el año

de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador (número de viviendas en 2010).

Para el indicador *MAP* sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } MAP = \left[ \left( \frac{E_{2004}^{EA}}{V_{2004}} \right) - \left( \frac{E_{2010}^{EA}}{V_{2010}} \right) \right] \cdot V_{2010}$$

donde:

- $E^{EA}$ : Consumo eléctrico en alumbrado exterior
- $V$ : Número de viviendas

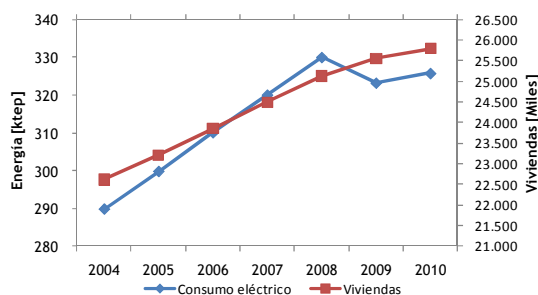
### **Variables clave en el uso del alumbrado exterior**

En la Tabla 91 se recogen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este uso energético.

Tabla 91. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores *M* en el uso de alumbrado exterior en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo eléctrico en alumbrado público [ktep]	290	320	330	323	326	IDAE
Viviendas [kunid]	22.623	24.496	25.129	25.557	25.789	INE

Figura 48. Evolución del consumo eléctrico en el uso del alumbrado exterior y evolución del número de viviendas de 2004 hasta 2010



En la Figura 48 se observa como el consumo eléctrico en alumbrado tiene una tendencia creciente muy pronunciada en los primeros años de la serie, igual ocurre con el número de viviendas. Sin embargo, es a partir de 2008 cuando esta tendencia se rompe ya que el consumo eléctrico en alumbrado público disminuye al mismo tiempo que la tendencia creciente del número de viviendas se ralentiza.

Esta situación es resultado de la puesta en marcha de medidas dirigidas a este subsector de los servicios públicos que hace que mejore notablemente su eficiencia.

### **Ahorros totales en alumbrado exterior**

Los ahorros totales obtenidos en el uso recogen tanto los ahorros directos como los conseguidos de forma indirecta.

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el período se ha aplicado el indicador *MAP* descrito anteriormente, aplicando las variables del sector y las

macroeconómicas necesarias recogidas en la Tabla 91. Los resultados se recogen en Tabla 92 y la evolución del indicador en la Tabla 93 y la Figura 49.

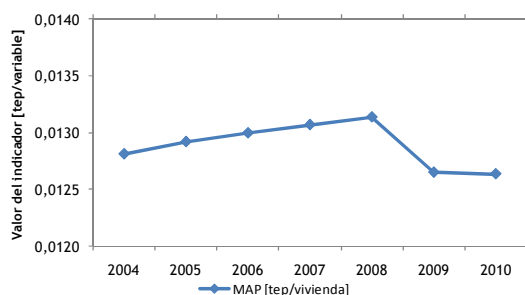
**Tabla 92.** Resultados de ahorro en el uso alumbrado exterior en 2009 y 2020 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Alumbrado exterior	MAP	4,1	4,6
Base 2007 [ktep]	Alumbrado exterior	MAP	10,7	11,3

**Tabla 93.** Evolución indicadores M del uso alumbrado público de 2004 a 2010

Descripción		2004	2007	2008	2009	2010
MAP	Consumo en alumbrado público por vivienda [tep/vivienda]	0,0128	0,0131	0,0131	0,0126	0,0126

**Figura 49.** Evolución del indicador M para el uso del alumbrado exterior de 2004 a 2010



Los resultados del indicador descendente M de la Tabla 93 muestran que se ha producido un ahorro en el periodo de estudio de 4,6 ktep (un 14% sobre el ahorro total del sector). A pesar de la mejora de la eficiencia que se está produciendo en el uso de alumbrado exterior y del esfuerzo de la Administración el ahorro se ha visto penalizado por el desarrollo urbanístico en este período.

## 2.2. Ciclo del agua

### Descripción

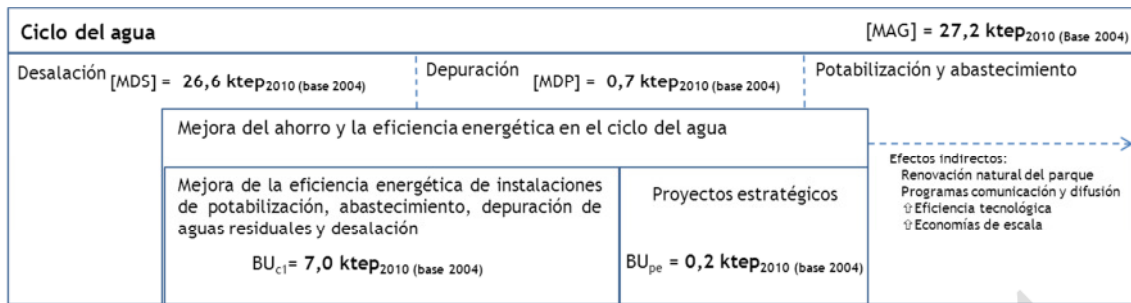
Las medidas asociadas al uso del ciclo del agua están destinadas a mejorar la eficiencia energética tanto en los procesos como en las instalaciones actuales de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación.

### Metodología de cálculo

En primer lugar, el uso se ha estructurado según las actividades de desalación, depuración y potabilización y abastecimiento tal y como se puede observar en la Figura 50.

Posteriormente, respecto a los mecanismos desarrollados se han cuantificado los ahorros asociados a las medidas del Plan de Acción y los “Proyectos estratégicos” impulsados por IDAE a través de indicadores ascendente ( $BU_{c1}$  y  $BU_{pe}$ ) mediante los informes anuales enviados por las CCAA y las empresas del sector.

Figura 50. Esquema de ahorro energético en el uso del ciclo del agua en 2010 y base 2004



Para poder estimar los ahorros que se han producido en el uso del ciclo del agua, es necesario por una parte conocer el consumo de energía eléctrica asociado y por otra buscar una variable apropiada para poder normalizar dicho consumo determinando la mejora de eficiencia energética como diferencia de consumos unitarios.

Por consiguiente se han establecido dos indicadores *M*, del mismo modo que en el uso de alumbrado público, para las diferentes actividades de depuración y desalación.

- En primer lugar el consumo sobre el uso en desalación es directamente proporcional al volumen de agua tratada por lo que se ha realizado un esfuerzo en la obtención de los datos históricos. Dicho indicador, *MDS* “Consumo eléctrico unitario en desalación por hm<sup>3</sup> de agua tratada”, está expresado por el cociente entre la energía eléctrica destinada a la actividad y el volumen de agua total desalada.

$$MDS = \left( \frac{E^{DS}}{A} \right)$$

donde:

- $E^{DS}$ : Consumo eléctrico en desalación
- $A$ : Volumen de agua tratado para desalación

- Del mismo modo para la actividad de depuración de aguas urbanas, se ha creado el indicador *MDP* “Consumo eléctrico unitario en depuración por habitante”. Siendo el indicador el cociente entre la energía eléctrica destinada a la actividad y el número de habitantes, ya que la población es una variable directamente proporcional al volumen de aguas urbanas.

$$MDP = \left( \frac{E^{DP}}{H} \right)$$

donde:

- $E^{DP}$ : Consumo eléctrico en depuración
- $H$ : Número de habitantes

Los ahorros relativos a estos indicadores resultan de la multiplicación entre la diferencia de los valores resultantes para el año de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) y el valor de la variable de actividad relativa al indicador.

Por ejemplo para el indicador *MDS* sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } MDS = \left[ \left( \frac{E^{DS}_{2004}}{A_{2004}} \right) - \left( \frac{E^{DS}_{2010}}{A_{2010}} \right) \right] \cdot A_{2010}$$

- donde:
- $E^{DS}$ : Consumo eléctrico en desalación
  - $A$ : Volumen de agua tratado para desalación

La suma de los ahorros calculados según los dos indicadores, da como resultado el valor total del ahorro energético conseguido en el uso del ciclo del agua representado por el indicador *MAG*.

$$MAG = MDS + MDP$$

### **Variables clave en el uso del ciclo del agua**

En la Tabla 94 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en el uso.

**Tabla 94.** Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores *M* en el subsector del ciclo del agua en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo eléctrico en desalación [ktep]	113	163	186	208	209	IDAE
Consumo eléctrico en depuración [ktep]	211	223	225	226	230	IDAE
Volumen tratado de agua por desalación [hm <sup>3</sup> ]	233,6	355,9	419,7	483,6	489,4	IDAE
Nº de habitantes [kunid]	43.198	45.201	46.158	46.746	47.021	OCC

Las variables de actividad utilizadas para el cálculo de los indicadores descendentes *M* presentan una evolución creciente. El volumen de agua tratada por desalación se ha incrementado un 210% entre 2004 y 2010, lo que supone un aumento del consumo en esta actividad dependiendo de periodos de sequía.

**Figura 51.** Evolución del consumo eléctrico en desalación y evolución del volumen de agua tratada de 2004 a 2010

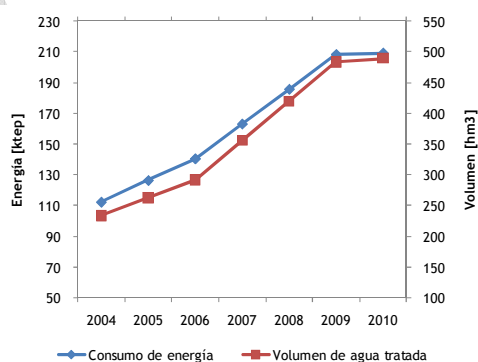
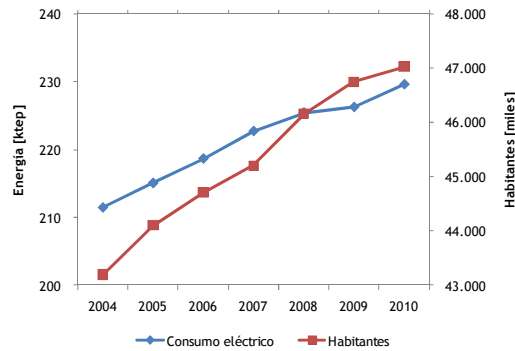


Figura 52. Evolución del consumo eléctrico en depuración y evolución del número de habitantes de 2004 a 2010



### Ahorros totales en el ciclo del agua

Los ahorros totales obtenidos en el uso recogen tanto los ahorros producidos de manera directa como indirecta.

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el período se ha aplicado los indicadores descritos anteriormente (MDS y MDP), aplicando las variables del sector necesarias recogidas en la Tabla 94. Los resultados se recogen en la Tabla 95 y la evolución de los indicadores en la Tabla 96 y la Figura 53.

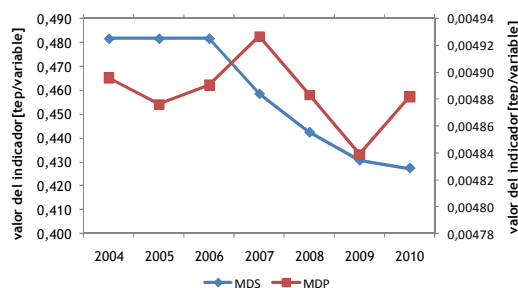
Tabla 95. Resultados de ahorro en el uso del ciclo del agua en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Subsector ciclo del agua	$MAG=MDS+MDP$	27,4	27,2
	Desalación	MDS	24,7	26,6
	Depuración	MDP	2,7	0,7
Base 2007 [ktep]	Subsector ciclo del agua	$MAG=MDS+MDP$	17,6	17,3
	Desalación	MDS	13,5	15,2
	Depuración	MDP	4,1	2,1

Tabla 96. Evolución indicadores M del uso del ciclo del agua de 2004 a 2010

	Descripción	2004	2007	2008	2009	2010
MDS	Consumo en desalación por volumen de agua tratada [tep/hm <sup>3</sup> ]	0,482	0,458	0,442	0,430	0,427
MDP	Consumo en depuración por habitante [tep/habitante]	0,005	0,005	0,005	0,005	0,005

Figura 53. Evolución de los indicadores M para el uso del ciclo del agua de 2004 a 2010



En el uso energético asociado al ciclo del agua, se obtuvieron en 2010 respecto a la situación de seis años antes 27,2 ktep, el 86% de los ahorros producidos por el sector de servicios públicos.

Los ahorros alcanzados han sido producidos en la actividad de desalación, ya que la actividad de depuración no ha conseguido prácticamente ahorros en este período. Esto se debe a que la construcción de nuevas plantas de desalación de agua marina ha favorecido la mejora tecnológica (ver Tabla 96).

### **3. Mejora de la eficiencia de las instalaciones de alumbrado exterior existentes**

El objetivo principal de esta medida es fomentar la sustitución de los equipos de alumbrado público exterior existentes, basados en tecnologías obsoletas, por otras actuales y más eficientes. Lo mismo se pretende con todas aquellas instalaciones de alumbrado exterior de nueva construcción.

Al no haber podido extraer el ahorro alcanzado en la renovación natural del parque de alumbrado exterior así como la mejora tecnológica no inducida se presenta a continuación los obtenidos gracias a actuaciones particulares desarrolladas por IDAE.

#### **3.1. Renovación de las instalaciones de alumbrado público existentes**

##### **Descripción**

La “Renovación de las instalaciones de alumbrado público existentes” es un mecanismo que se encuentra dentro de la medida de “Mejora de la eficiencia de las instalaciones de alumbrado exterior existentes” desarrollado dentro de los convenios de colaboración firmados por el IDAE y las Comunidades Autónomas.

##### **Metodología de cálculo**

Para calcular el efecto producido por el mecanismo se han utilizado los informes anuales facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados mediante las ayudas públicas destinadas a esta medida.

Los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros anuales desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

$$BU_{et} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{et}$$

donde:

- $Ah_{et}$  : Ahorros anuales enviados por las CCAA en relación a la “Renovación de las instalaciones de alumbrado público existentes”

#### **3.2. Programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED**

##### **Descripción**

El “Programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED” fue llevado a cabo durante 2009 para facilitar a los Ayuntamientos solicitantes el cambio de sus semáforos de tecnología tradicional por otros de tecnología LED.

##### **Metodología de cálculo**

Para el cálculo de los ahorros asociados a la iniciativa se ha desarrollado un indicador ascendente que permite caracterizar el mecanismo de una manera más desagregada.

Como variables principales de este indicador se han establecido el número de ópticas LED que han sido sustituidas anualmente por el programa en su periodo de vigencia, multiplicado por la diferencia de consumos unitarios entre la tecnología convencional y la tecnología LED.

$$BU_{it} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} (C^T - C^{LED})_t \cdot O_t$$

donde:

- $C^T$  : Consumo de un semáforo de tecnología convencional
- $C^{LED}$  : Consumo de un semáforo de tecnología LED
- $O$  : Número de ópticas que han sido sustituidas

### Variables clave para evaluar los ahorros del programa

En la Tabla 97 se exponen todas las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros directos producidos por este mecanismo.

Tabla 97. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros del Programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED en el periodo 2004-2010

	2005	2007	2008	2009	2010	Fuente
Ópticas LED sustituidas [unidades]	N/A	N/A	N/A	461.791	N/A	IDAE
Consumo tecnología convencional [kWh/año]	N/A	N/A	N/A	1.226	N/A	IDAE
Consumo tecnología LED [kWh/año]	N/A	N/A	N/A	135	N/A	IDAE

### 3.3. Ahorros directos en alumbrado exterior

Se han considerado como ahorros directos los producidos como consecuencia de la puesta en marcha de medidas específicas que disminuyan el consumo en el uso, así como los ahorros obtenidos por los mecanismos que desde las Administraciones Públicas se han desarrollado.

En la Tabla 98 se muestran los ahorros conseguidos por cada uno de los mecanismos durante el período estudiado.

Tabla 98. Resultados de ahorro de los mecanismos en el uso del alumbrado público en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

	Indicador asociado	2009	2010	
Base 2004 [ktep]	Renovación insta. Alumbrado exterior	$BU_{a1}$	58,6	77,7
	Programa sustitución semáforos	$BU_{a2}$	8,7	8,7
Base 2007 [ktep]	Renovación insta. Alumbrado exterior	$BU_{a1}$	35,9	55,0
	Programa sustitución semáforos	$BU_{a2}$	8,7	8,7



Tabla 99. Subvención destinada a los mecanismos del subsector alumbrado exterior en el periodo 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Renovación insta. Alumbrado exterior [k€]	17.185,3	17.892,7	26.320,8	28.900,6	25.622,8	IDAE
Programa sustitución semáforos [k€]	N/A	N/A	N/A	31.794,0	N/A	IDAE

Los resultados obtenidos para los diferentes mecanismos analizados muestran que los convenios de colaboración IDAE-CCAA han facilitado en 2010 un ahorro energético de 77,7 ktep mientras que el programa de sustitución de semáforos a la nueva tecnología LED 8,7 ktep.

Los ahorros totales que se han producido en el uso de alumbrado público entre 2004 y 2010 (4,6 ktep) son considerablemente inferiores a los ahorros directos producidos por los dos mecanismos que se han desarrollado en este subsector (86,4 ktep). Esto es debido al carácter puntual de las iniciativas aunque gracias a su vida útil su resultado es contabilizado hasta el final del periodo. Sin embargo, el ahorro total del subsector arrastra en los primeros años cifras negativas que penalizan el resultado final, ya que el consumo unitario de alumbrado público por vivienda tiene una tendencia creciente muy pronunciada.

#### 4. Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el ciclo del agua

El objetivo de esta medida es la sustitución de tecnologías existentes en la actualidad en las instalaciones de depuración y desalación de agua por tecnologías más eficientes.

Al no haber podido extraer el ahorro alcanzado en la renovación natural del parque del ciclo del agua así como la mejora tecnológica no inducida se presenta a continuación los obtenidos gracias a actuaciones particulares desarrolladas por IDAE.

##### 4.1. Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación

###### Descripción

La “Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación” es un mecanismo que se encuentra dentro de las medidas del Plan de Acción desarrolladas dentro de los convenios de colaboración firmados por el IDAE y las Comunidades Autónomas.

###### Metodología de cálculo

Para calcular el efecto producido por el mecanismo se han utilizado los informes anuales facilitados por las Comunidades Autónomas sobre los ahorros alcanzados mediante las ayudas públicas destinadas a esta medida.

Los ahorros alcanzados en 2010 resultan del sumatorio de los ahorros anuales desde 2004 ó 2007 en función de la base de cálculo elegida.

$$BU_{c1} = \sum_{t=2004-2007}^{2010} Ah_{et}$$

donde:

- $Ah_{et}$  : Ahorros anuales enviados por las CCAA en relación a la “Mejora de la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación”

## 4.2. Proyectos estratégicos

### Descripción

Respecto al fomento de “Proyectos estratégicos” por parte del IDAE cabe mencionar que se tratan de paquetes de actuaciones de mejora que abarcan la totalidad de los elementos estructurales de edificios.

Un requisito fundamental para beneficiarse de este tipo de iniciativas es redactar y enviar una memoria final al IDAE con las actividades que se han llevado a cabo y los ahorros que se han conseguido.

### Metodología de cálculo

Para calcular el efecto producido por el mecanismo de “Proyectos estratégicos” se han utilizado los informes anuales elaborados por las empresas beneficiarias de las ayudas sobre los ahorros.

$$BU_{et} = \sum_{i=2004}^{2010} Ah_{pe}$$

donde:

- $Ah_{pe}$  : Ahorros anuales enviados por las empresas beneficiarias en relación a “Proyectos estratégicos”

## 4.3. Ahorros directos en el ciclo del agua

Se han considerado como ahorros directos los producidos como consecuencia de la puesta en marcha de medidas específicas que disminuyen el consumo en el uso del ciclo del agua, así como los ahorros obtenidos por las iniciativas que desde la Administración se han desarrollado.

Tabla 100. Resultados de ahorro de los mecanismos en el uso del ciclo del agua a 2009 y 2010 en base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Proyectos estratégico	$BU_{pe}$	0,0	0,2
	Mejora del ahorro y la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación l ciclo del agua	$BU_{c1}$	6,0	7,0
Base 2007 [ktep]	Proyectos estratégicos	$BU_{pe}$	0,0	0,2
	Mejora del ahorro y la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación l ciclo del agua	$BU_{c1}$	2,8	3,8

Tabla 101. Subvención destinada a los mecanismos del uso ciclo del agua en el periodo 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Mejora del ahorro y la eficiencia energética de instalaciones de potabilización, abastecimiento, depuración de aguas residuales y desalación l ciclo del agua [k€]	2.718,6	2.158,8	1.920,0	2.426,0	1.571,7	IDAE
Proyectos estratégicos [k€]	N/A	N/A	N/A	N/A	355,9	IDAE

## 5. Ahorros obtenidos en el sector servicios públicos a 2010

El sector servicios públicos ha conseguido unos ahorros de 31,8 ktep en el período 2004-2010. Estos ahorros han venido conseguidos en un 86% por el uso relativo al ciclo del agua. Dentro del ciclo del agua, la desalación es la actividad que más ahorros produce en el período con un total de 26,6 ktep.

Tabla 102. Resultados de ahorro en el sector servicios públicos a 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Sector servicios públicos	MAP+MAG	31,5	31,8
	Alumbrado público	MAP	4,1	4,6
	Ciclo del agua	MAG = MDS+MDP	27,4	27,2
	Desalación	MDS	24,7	26,6
	Depuración	MDP	2,7	0,7
Base 2007 [ktep]	Sector servicios públicos	MAP+MAG	28,3	28,6
	Alumbrado público	MAP	10,7	11,3
	Ciclo del agua	MAG = MDS+MDP	17,62	17,35
	Desalación	MDS	13,52	15,25
	Depuración	MDP	4,09	2,10

Analizando los ahorros obtenidos entre 2007 y 2010, se observa que el ahorro derivado del alumbrado público se incrementa de manera relativa sobre el total (del 14% al 39%) debido a la ralentización del desarrollo urbanístico y a la puesta en marcha de medidas destinadas a la mejora de la eficiencia energética.

### 5.1. Efectos indirectos

Mediante las diferencias entre los perímetros de ahorro obtenidos por los distintos indicadores es posible distinguir determinados efectos indirectos. En el caso de los servicios públicos cabe destacar los siguientes según el uso energético estudiado:

#### *Alumbrado exterior*

Respecto al alumbrado entre el perímetro exterior y los asociados a los mecanismos se estiman -116,4 ktep justificados a continuación.

- En primer lugar, la mejora de la eficiencia en las instalaciones de alumbrado exterior puede dar lugar a un aumento de su uso provocando un aumento de la contaminación lumínica en las ciudades. La mejora en la eficiencia apreciada en los menores consumos se ve anulada por el aumento de las horas de funcionamiento.
- En segundo lugar, el desarrollo urbanístico ha desarrollado un papel fundamental en el resultado de los ahorros obtenidos, al ser las instalaciones de alumbrado público proporcionales a las nuevas construcciones aunque a partir de 2008 los resultados hayan mejorado.
- Finalmente, también se consideran como efectos no cuantificados, los ahorros producidos por el resto de los mecanismos que no se han podido calcular los programas de difusión y comunicación del IDAE, las medidas que se están llevando a cabo dentro del Plan de activación del ahorro y la eficiencia energética y el RD 1890/2008 de eficiencia energética e instalaciones de alumbrado exterior y sus ITC.

### ***Ciclo del agua***

En el uso energético asociado al ciclo del agua se han podido estimar ciertos efectos indirectos cuantificándose en 20,0 ktep. Esta diferencia es resultado de los ahorros producidos por el resto de los mecanismos que influyen en el uso energético pero de los que no se han podido contabilizar sus ahorros. No obstante, se podrían justificar en parte como renovación natural del parque de instalaciones y fomento de programas públicos en los que se benefician de la economía de escala y se promueve la eficiencia tecnológica.

No se han observado posibilidad de incurrir en una doble contabilidad de los ahorros producidos en este sector.

BORRADOR 02.06.2011

## VI.SECTOR AGRICULTURA Y PESCA

### 1. Resumen de ahorros del sector agricultura y pesca

#### AGRICULTURA Y PESCA

Los ahorros energéticos obtenidos durante el período 2004-2010 en el sector de agricultura y pesca se deben esencialmente a las mejoras efectuadas en las explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos, en los sistemas de regadío y en la flota pesquera. El consumo de energía final de este sector en 2010 fue de 3.313,7 ktep, un 3,7% del total nacional.

#### Esquema de ahorros

El ahorro relativo al sector agricultura y pesca se ha estructurado según dos subsectores principales: por un lado agricultura, ganadería, caza y selvicultura y por otro, pesca y acuicultura.

Agricultura y Pesca					[M8'] = 425,5 ktep <sub>2010(Base 2004)</sub>
Agricultura, ganadería, caza y selvicultura [M8 <sub>1</sub> ] = 240,1 ktep			Pesca y acuicultura M8 <sub>2</sub> = 146,4 ktep		Cambio de peso en la estructura de consumo 39,1 ktep
Explotaciones [PMA + PCI] = -65,63 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	Regadío [PRE] = 73,5 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	↑ Climatización ↑ Mejora tecnológica ↓ Producción 339,8 ktep <sub>2010(Base 2004)</sub>	Pesca [PPE] = 38,8 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	↑ Mejora tecnológica ↓ Producción 107,6 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	

#### Consumos del sector

	Energía final 2010 [ktep]	Energía primaria 2010 [ktep]	Emisiones CO <sub>2</sub> 2010 [ktCO <sub>2</sub> ]
<b>TOTAL CONSUMO SECTOR AGRICULTURA y PESCA</b>	3.313,66	4.682,0	10.076,1
AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA Y SELVICULTURA	2.829,80	4.140,1	8.941,6
PESCA Y ACUICULTURA	483,87	541,9	1.134,5

#### Resultado de ahorros obtenidos

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO <sub>2</sub> [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04-10	07-10	04-10	07-10	04-10	07-10
<b>TOTAL AHORROS SECTOR</b>	425,5	466,7	535,5	580,4	1.526,3	1.673,2
AGRICULTURA, GANADERÍA, CAZA Y SELVICULTURA	240,1	359,7	374,7	544,5	947,1	1.417,1
AHORRO EN EL PESCA Y ACUICULTURA	146,4	121,6	163,9	136,2	501,0	416,1

#### Conclusiones

Según los indicadores descendentes se han producido ahorros en energía final en el periodo de estudio de 425,5 ktep, debido fundamentalmente a una caída de la producción y una mejora tecnológica tanto en agricultura, ganadería, caza y selvicultura (62% de los ahorros totales) como en pesca y acuicultura (38%).

A través de las diferencias entre la suma de perímetros exteriores de cada subsector (240,1 ktep y 146,4 ktep) y el perímetro exterior del sector (425,5 ktep) se observa el ahorro energético producido por el cambio de peso sobre la estructura de consumo de cada uno de los subsectores de ganadería y pesca (39,1 ktep).

En el subsector de agricultura, se han generado ahorros positivos producidos por mejoras energéticas en la maquinaria agrícola (146,8 ktep) y al cambio de sistemas de regadío (73,5 ktep). Sin embargo, el incremento en el grado de acondicionamiento con equipos de climatización de las explotaciones ganaderas e invernaderos ha provocado que la intensidad energética se haya incrementado y por lo tanto se hayan generado unos desahorros por este motivo de -212,4 ktep. En consecuencia, globalmente no se han producido ahorros en las explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos, sino unos ahorros negativos de -65,6 ktep.

Los ahorros obtenidos en el subsector de pesca y acuicultura, corresponden a actuaciones directas para reducir el consumo energético en los diferentes tipos de embarcaciones (38,8 ktep) y a la caída de actividad económica y a la evolución tecnológica natural de la flota pesquera (107,6 ktep).

## 2. Perímetrosros exteriores para agricultura y pesca

A pesar de su reducido peso en el consumo nacional de energía, el sector de agricultura y pesca es un sector estratégico donde las medidas de eficiencia energética contribuyen a la sostenibilidad y competitividad del sector.

El esquema de ahorros energéticos del sector se presenta en la Figura 54, donde se muestran los valores alcanzados en 2010 con base 2004 y donde es posible observar su estructuración en base a dos subsectores principales.

Figura 54. Esquema de ahorro energético en el sector agricultura y pesca para 2010 y base 2004

Agricultura y Pesca					[M8'] = 425,5 ktep <sub>2010(Base 2004)</sub>
Agricultura, ganadería, caza y selvicultura [M8 <sub>1</sub> ] = 240,1 ktep			Pesca y acuicultura M8 <sub>2</sub> = 146,4 ktep		Cambio de peso en la estructura de consumo 39,1 ktep
Explotaciones [PMa + PCI] = -65,63 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	Regadío [PRE] = 73,5 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	↑ Climatización ↑ Mejora tecnológica ↓ Producción 339,8 ktep <sub>2010(Base 2004)</sub>	Pesca [PPE] = 38,8 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	↑ Mejora tecnológica ↓ Producción 107,6 ktep <sub>2010(B 2004)</sub>	

En los siguientes apartados se describen las metodologías empleadas para el cálculo de cada uno de los perímetros de ahorro.

### 2.1. Metodología de cálculo

Como primera aproximación se puede medir la eficiencia de un sector de actividad como la evolución del consumo frente a su nivel de actividad más global, el Valor Añadido Bruto (VAB).

Por lo tanto, para determinar el ahorro total del sector se ha utilizado una adaptación del indicador *M8* recomendado por la Comisión Europea para el sector industrial en el documento “*Recommendations on measurement and verification methods*”. Para cada rama de actividad, dicho indicador se calcula como el cociente entre el consumo energético y el VAB asociado, entendido como el resultado neto de la producción a precios básicos menos los consumos intermedios, tal y como muestra la siguiente expresión:

$$M8' = \left[ \left( \frac{E_t}{VAB_t} \right) \right]$$

donde:

- *E*: Energía consumida
- *VAB*: Valor añadido bruto a precios básicos

Por consiguiente el ahorro energético se calcula como la diferencia entre el resultado del indicador *M8* en el año base (2004 ó 2007) y el del año de cálculo multiplicado por el VAB asociado a este último (en este caso 2010) siguiendo la expresión:

$$\text{Ahorros obtenidos por } M8' = \left[ \left( \frac{E_{2004}}{VAB_{2004}} - \frac{E_t}{VAB_t} \right) \right] \cdot VAB_t$$

donde:

- *E*: Energía consumida
- *VAB*: Valor añadido bruto a precios básicos

Adicionalmente y de manera equivalente, se ha detallado el ahorro energético para cada uno de los dos grandes subsectores: agricultura, ganadería, caza y selvicultura (en adelante agricultura) utilizando el nuevo indicador *M8<sub>1</sub>'* y pesca y acuicultura (en adelante pesca) con el *M8<sub>2</sub>'*.

$$M8'_{\text{Subsector}} = \left[ \left( \frac{E_t^{\text{Subsector}}}{VAB_t^{\text{Subsector}}} \right) \right]$$

donde:

- $E^{\text{Subsector}}$ : Energía consumida por el subsector
- $VAB^{\text{Subsector}}$ : Valor añadido bruto a precios básicos del subsector

## 2.2. Variables clave en el sector agricultura y pesca

En la Tabla 103 se recogen las variables que afectan de una manera directa al cálculo de los ahorros producidos en este sector a través de los indicadores descendentes  $M8'$ ,  $M8_1'$  y  $M8_2'$ .

Tabla 103. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de los indicadores M en el sector agricultura y pesca en el periodo 2004-2010

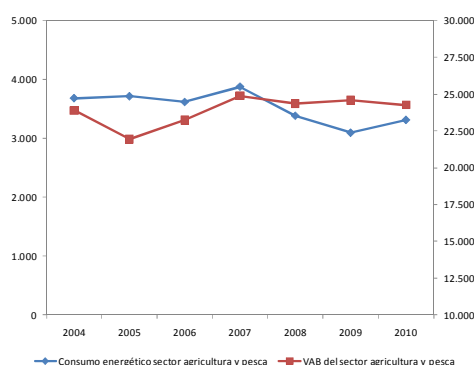
	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo energético total del sector [ktep]	3.681,1	3.877,9	3.381,6	3.094,5	3.313,7	MITYC
Consumo energético agricultura [ktep]	3.007,5	3.278,2	2.817,5	2.597,0	2.829,8	MITYC
Consumo energético pesca [ktep]	673,6	599,8	564,0	497,5	483,9	MITYC
VAB total del sector [M€]	23.896,7	24.900,5	24.370,9	24.597,2	24.273,7	MARM
VAB agricultura [M€]	22.505,5	23.611,1	23.167,4	23.224,0	22.972,1	MARM
VAB pesca [M€]	1.391,2	1.289,4	1.203,5	1.373,2	1.301,6	MARM

El consumo de energía final en el periodo tiene una tendencia descendente (-10% entre 2004 y 2010) debido a la mejora tecnológica de los equipos en los dos principales subsectores junto a un descenso de la producción.

Por otra parte, la evolución del VAB, ha seguido una tendencia ascendente hasta 2007 (un incremento del 4%), presentando una ligera caída durante los últimos cuatro años (-2,5%) tal y como puede observarse en la Figura 55.

El hecho de que el consumo haya caído mientras la actividad se ha incrementado, ha generado ahorros en este subsector.

Figura 55. Evolución del consumo energético y el VAB total del sector agricultura y pesca de 2004 a 2010



## 2.3. Ahorros totales del sector agricultura y pesca

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo (Tabla 104) se han utilizado los indicadores  $M8'$ ,  $M8_1'$  y  $M8_2'$  aplicando las variables macroeconómicas del sector agricultura y pesca señaladas en la Tabla 103 necesarias para su cálculo.

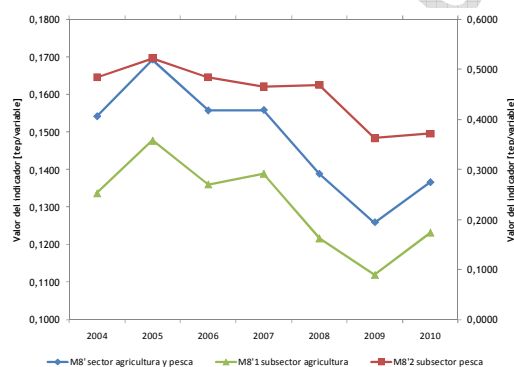
Tabla 104. Resultados de ahorro en el sector agricultura y pesca en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Total Sector agricultura y pesca	M8'	694,5	425,5
	Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	M8' <sub>1</sub>	506,5	240,1
	Pesca y acuicultura	M8' <sub>2</sub>	167,4	146,4
Base 2007 [ktep]	Total Sector agricultura y pesca	M8'	736,2	466,7
	Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	M8' <sub>1</sub>	627,4	359,7
	Pesca y acuicultura	M8' <sub>2</sub>	141,2	121,6

Tabla 105. Evolución de los indicadores M8' del sector agricultura y pesca y M8'<sub>1</sub>' y M8'<sub>2</sub>' de los dos principales subsectores en el periodo 2004-2010

		2004	2007	2008	2009	2010
M8'	Consumo energético del sector agricultura y pesca por unidad de VAB [ktep/M€]	0,1540	0,1557	0,1388	0,1258	0,1365
M8' <sub>1</sub>	Consumo e. subsector agricultura, ganadería, caza y selvicultura por unidad VAB [ktep/M€]	0,1336	0,1388	0,1216	0,1118	0,1232
M8' <sub>2</sub>	Consumo energético del subsector pesca y acuicultura por unidad de VAB [ktep/M€]	0,4842	0,4651	0,4686	0,3623	0,3717

Figura 56. Evolución de los indicadores M8' del sector agricultura y pesca y M8'<sub>1</sub>' y M8'<sub>2</sub>' de los dos principales subsectores en el periodo 2004-2010



Según la evolución en el periodo de estudio 2004-2010 de los indicadores descendentes M8' (Tabla 105) se han producido unos ahorros de 425,5 ktep. El subsector que ha alcanzado mayores ahorros es agricultura, ganadería, caza y selvicultura (240,1 ktep) frente a pesca y acuicultura (146,4 ktep).

En las siguientes secciones se analizan el resultado de ahorro energético obtenido gracias a las medidas concretas llevadas a cabo dentro del Plan de Acción de Ahorro energético (PAE4+) dentro del sector agricultura y pesca:

- Mejora de los sistemas de regadío mediante la migración de sistemas de aspersión a sistemas de riego localizado.
- Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero a través de auditorías, fomento de cambio de motores, hélices y otros componentes mecánicos en los barcos de faena.
- Modernización a través del Plan Renove y el etiquetado energético del parque nacional de tractores y mejora de la eficiencia energética en las explotaciones.



### 3. Migración de sistemas de riego por aspersión a sistemas de riego localizado

El objetivo de la presente medida ha sido el de reducir el consumo de energía en aquellos cultivos que permitan la sustitución de sistemas de riego por aspersión por sistemas de riego localizado. Para ello se han adoptado medidas como la modificación de la normativa del uso del agua o el apoyo técnico y económico necesario para la migración hacia riego localizado.

#### 3.1. Metodología de cálculo

Para el cálculo de los ahorros en este ámbito se ha creado el indicador *PRe* que permite observar la evolución del consumo unitario destinado a regadío por superficie, entendido como la relación entre el consumo de energía total de regadío y el número de hectáreas de superficie de cultivo regada.

$$PRe = \left( \frac{E^{Reg}}{Has} \right)$$

donde:

- $E^{Reg}$ : Consumo energía Regadío
- $Has$ : número de hectáreas de superficie total regada

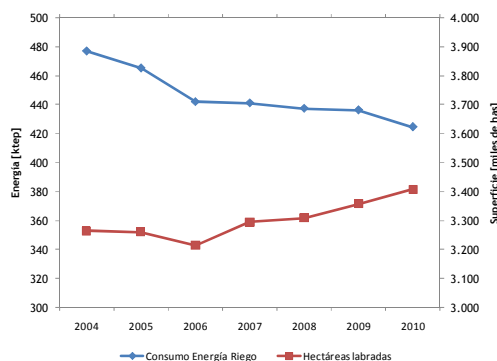
#### 3.2. Variables clave en el cálculo de ahorros energéticos en regadío

El consumo de energía destinada a regadíos en el período ha mostrado una tendencia descendente (un -11% desde 2004 y un -4% entre 2007 y 2010) debido a la mejora tecnológica de los sistemas de riego. Por su parte la evolución de las hectáreas de cultivo ha presentado un comportamiento ligeramente ascendente pasando de los 3,26 Mhas de 2004 a las 3,41 Mhas de 2010, un 4% más, tal y como puede observarse en la Figura 57.

Tabla 106. Evolución de las variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros en el uso destinado a riego en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo energía destinada al riego [ktep]	477	441	437	436	425	IDAE
Hectáreas de cultivo [has]	3.264.149	3.294.685	3.308.643	3.357.970	3.407.953	IDAE

Figura 57. Evolución de las variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros en el uso destinado a riego en el periodo 2004-2010



### 3.3. Ahorros directos en regadío

Los ahorros totales obtenidos en el sector regadío recogen tanto los ahorros directos como los conseguidos de forma indirecta y son resultado de multiplicar la diferencia de los valores del indicador asociado entre el año de referencia (2004 ó 2007) y el año de cálculo (2010) por el valor de la variable de actividad relativa al indicador.

A modo de ejemplo para el indicador *PRe* sería:

$$\text{Ahorros obtenidos por } PRe = \left[ \frac{E_{2004}^{\text{Reg}}}{Has_{2004}} - \frac{E_{2010}^{\text{Reg}}}{Has_{2010}} \right] \cdot Has_{2010}$$

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo (Tabla 107) se ha utilizado el indicador *PRe* aplicando las variables particulares del subsector regadío, señaladas en la Tabla 106.

Tabla 107. Resultados de ahorro en el uso regadío en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Uso regadío	<i>PRe</i>	54,6	73,5
Base 2007 [ktep]	Uso regadío	<i>PRe</i>	13,3	31,7

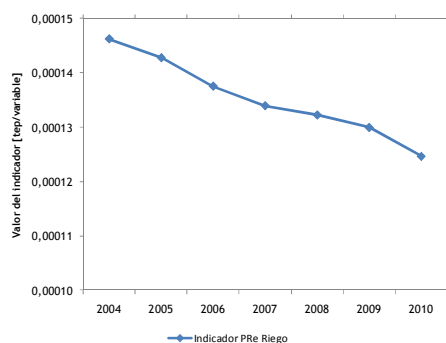
Por consiguiente, tanto para 2009 como para 2010 en base 2004 ó 2007 se observan ahorros en energía final determinados fundamentalmente por una mejora del ratio que relaciona la evolución del consumo asociado a regadío con la superficie de cultivo expresada en hectáreas.

Cabe destacar que a pesar de haberse incrementado ligeramente la superficie de regadío durante el periodo se ha constatado una mejora en el consumo energético final asociado, fundamentalmente en aquellas Comunidades Autónomas de mayores requerimientos cómo las dos Castillas (una disminución del -18% entre 2004 y 2010) y Valencia (un -13%).

Tabla 108. Evolución del indicador *PRe* relativo al uso regadío en el periodo 2004-2010

		2004	2007	2008	2009	2010
<i>PRe</i>	Consumo energético asociado a regadío por hectárea [ktep/ha]	0,000146	0,000134	0,000132	0,000130	0,000125

Figura 58. Evolución del indicador PRe relativo al uso regadío en el periodo 2004-2010



El IDAE a través de los fondos asociados al Plan de Acción de Eficiencia Energética PAE4+ ha apoyado la sustitución de sistemas de riego por aspersión por sistemas de riego localizado con un total de 6,52 M€ en el periodo.

Tabla 109. Subvención destinada al uso regadío interior en el periodo 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Impulso migración sistemas deriego aspersión-gravedad a localizado [k€]	N/A	2.800	946	1.391	1.749	IDAE

#### 4. Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero

La mejora de eficiencia energética en el subsector de pesca se ha articulado mediante la inversión en tecnologías eficientes dentro de los barcos de faena junto a los apoyos técnicos y económicos a estudios y auditorias necesarios para su desarrollo.

Para ello se han desarrollado iniciativas en diferentes ámbitos de actuación como por ejemplo las artes de pesca, las rutas y la logística asociada y los sistemas técnicos. Dentro de este último apartado caben mencionar mejoras en la propulsión (motores eléctricos e híbridos, gases de escape, reductoras y hélices), mejoras en la gestión energética, combustibles alternativos junto a apoyos en otras fuentes de energía.

##### 4.1. Metodología de cálculo

Para poder estimar los ahorros que se han producido en la medida de “Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero” es necesario conocer el consumo de combustible gasóleo B asignado a la flota pesquera. Adicionalmente, se debe buscar una variable apropiada para normalizar dicho consumo y así poder determinar la mejora de la eficiencia energética como diferencia de dichos consumos unitarios.

De este modo, los ahorros globales del impulso de la eficiencia energética en el sector pesquero han sido calculados mediante el indicador *PPE* entendido como la relación entre el consumo de gasóleo B destinado a pesca y el número de barcos considerando aquellos de altura, litoral y artesanal.

$$PPe = \left( \frac{E^{Pescas}}{B} \right)$$

donde:

- $E^{Pescas}$  : Consumo energía del subsector pesca
- $B$ : número de barcos pesqueros nacionales

#### 4.2. Variables clave en el cálculo de los ahorros energéticos en pesca

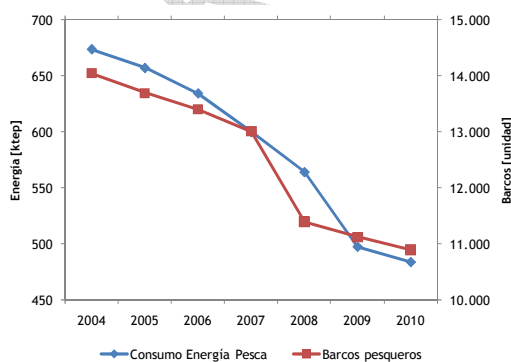
El consumo del gasóleo destinado a la flota pesquera se ha establecido gracias a auditorías realizadas por diferentes administraciones sobre el parque de la flota pesquera de altura, de litoral y artesanal.

Tal y como puede observarse en la Tabla 110, el consumo de gasóleo B destinado a barcos de pesca en el período ha sufrido una importante caída (-28% desde 2004 y -18% entre 2007 y 2010) debido principalmente a una disminución de la actividad. Este decrecimiento tiene su reflejo en la evolución del número de barcos de pesca, que muestra en los últimos cuatro años un descenso del -22%.

Tabla 110. Evolución de las variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros en el uso destinado a flota pesquera en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo Gasóleo B relacionado con la flota pesquera [ktep]	673,6	599,8	564,0	497,5	483,9	CETPEC, ICAEN, MARM, IDAE
Flota pesquera de altura, litoral y artesanal [número de barcos]	14.041	13.006	11.394	11.116	10.893	CETPEC, ICAEN, MARM, IDAE

Figura 59. Evolución de las variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros en el uso destinado a flota pesquera en el periodo 2004-2010



#### 4.3. Ahorros directos en la flota pesquera

El ahorro total obtenido en el sector pesquero recoge tanto los ahorros directos como los conseguidos de forma indirecta sobre el consumo energético final.

Para el cálculo de dicho ahorro de energía obtenido en el periodo (Tabla 111) se ha utilizado el indicador  $PRE$  aplicando las variables particulares del subsector pesquero, señaladas en la Tabla 110, necesarias para su cálculo.

Tabla 111. Resultados de ahorro en el uso flota pesquera en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

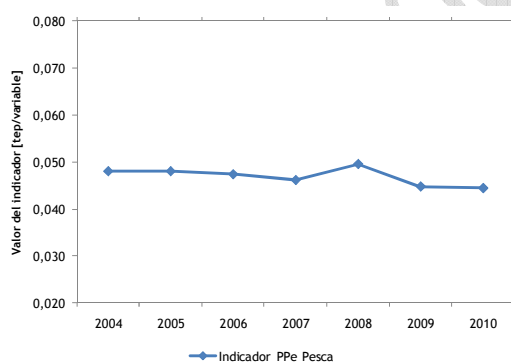
		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Uso Pesca	<i>PPe</i>	35,8	38,7
Base 2007 [ktep]	Uso Pesca	<i>PPe</i>	15,1	18,5

Por consiguiente tanto para 2009 como para 2010 en base 2004 ó 2007 se observan ahorros en energía final determinados fundamentalmente por una mejora del ratio (ver Tabla 112) que relaciona la evolución del consumo de gasóleo B asociado a barcos de pesca.

Tabla 112. Evolución del indicador *PPe* relativo al uso flota pesquera en el periodo 2004-2010

		2004	2007	2008	2009	2010
<i>PPe</i>	Consumo energético asociado a pesca por barco [ktep/barco]	0,04797	0,04611	0,04950	0,04476	0,04442

Figura 60. Evolución del indicador *PPe* relativo al uso flota pesquera en el periodo 2004-2010



El IDAE a través de los fondos asociados al Plan de Acción de Eficiencia Energética PAE4+ ha apoyado las tecnologías eficientes dentro de los barcos de pesca con un total de 2,73 M€ en el periodo.

Tabla 113. Subvención destinada al uso flota pesquera en el periodo 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Mejora del ahorro y la eficiencia en el sector pesquero [k€]	N/A	N/A	1.003	459	611	IDAE

## 5. Plan Renove de tractores y mejora de la eficiencia energética en las explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos

El objetivo particular de la presente medida incluida en el PAE4+ ha sido la traslación de parte de la flota actual de tractores hacia unidades nuevas y más eficientes. Para ello se han desarrollado los mecanismos diseñados en el Real Decreto 1539/2006, que regula la concesión de ayudas del Plan Renove de Tractores entre los años 2007 y 2009 en base a criterios objetivos de mayor eficiencia energética. Sin embargo, para completar el análisis sobre el uso de maquinaria se ha ampliado el estudio al conjunto de maquinaria utilizada en las explotaciones ya que éstas pueden tener un

carácter multimodal y dedicarse a varios usos utilizando las herramientas en distintas actividades agrícolas o ganaderas.

Adicionalmente, se considera de interés analizar la evolución del consumo energético asociado a la climatización de las explotaciones ganaderas e invernaderos con el objetivo de completar el estudio sobre el sector agricultura y pesca.

### 5.1. Metodología de cálculo

Para el cálculo de los ahorros globales de la media de impulso para el Plan Renove de tractores y maquinaria se han establecido los indicadores. El primero de ellos el *P<sub>Ma</sub>* considera por un lado el consumo de energía asociado la maquinaria destinada a usos agrícolas, forestales y ganaderos y por otro el número de explotaciones agrícolas, ganaderas e invernaderos.

$$P_{Ma} = \left( \frac{E^{Maq.}}{EX_{Agr.Gan.e Inv.}} \right)$$

donde:

- $E^{Maq.}$ : Consumo energía asociada a maquinaria de explotaciones
- $EX_{Agr. Gan e Inv.}$ : número de explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos

En segundo lugar, para el cálculo de los ahorros alcanzados en la climatización de explotaciones ganaderas e invernaderos se ha establecido el indicador *P<sub>Cl</sub>* utilizando por un lado el consumo de energía asociado la climatización y por otro el número de explotaciones ganaderas e invernaderos.

$$P_{Cl} = \left( \frac{E^{Climat.}}{EX_{Gan.e Inv.}} \right)$$

donde:

- $E^{Climat.}$ : Consumo energía asociada a climatización de explotaciones
- $EX_{Gan e Inv.}$ : número de explotaciones ganaderas e invernaderos

### 5.2. Variables clave en el cálculo de los ahorros energéticos de explotaciones

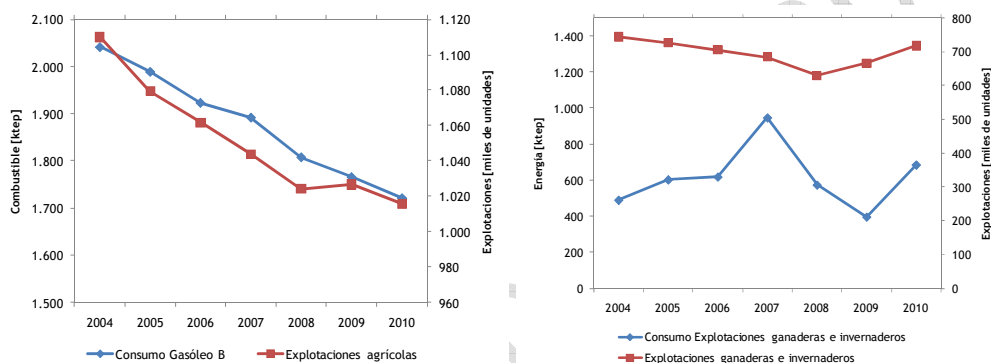
Según los datos recopilados en la Tabla 114 el consumo de energía asociado a maquinaria agrícola, forestal y ganadera en el período ha sufrido una caída importante debida principalmente a una caída de la actividad. Este decrecimiento tiene su reflejo en la evolución del número total de explotaciones que muestra en los cuatro últimos años un descenso del -13% (ver Figura 61).

Respecto al segundo perímetro de cálculo el consumo de energía asociado a las granjas e invernaderos en el período se ha incrementado un 40% entre 2004 y 2010 debido principalmente a mayores requerimientos energéticos con el objetivo de incrementar la producción. Este crecimiento de la intensidad tiene su reflejo en la comparación entre la evolución del consumo y la más estable del número de explotaciones ganaderas e invernaderos, que muestra en los cuatro últimos años un ligero descenso del -4% (ver Figura 61).

Tabla 114. Evolución de las variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros en el uso destinado a explotaciones en el periodo 2004-2010

	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Consumo energía asociado a maquinaria agrícola [ktep]	2.041,3	1.891,7	1.807,5	1.765,4	1.720,9	IDAE
Explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos [explotaciones]	1.110.050	1.043.900	1.024.282	1.026.784	1.015.648	IDAE
Consumo energía asociado a las explotaciones [ktep]	489,22	945,42	572,78	395,39	684,41	IDAE
Explotaciones ganaderas e invernaderos [explotaciones]	743.739	683.913	628.920	666.424	717.510	IDAE

Figura 61. Evolución de las variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros en el uso destinado a explotaciones en el periodo 2004-2010



### 5.3. Ahorros directos en las explotaciones en el periodo

Para el cálculo del ahorro de energía obtenido en el periodo (Tabla 115) se han utilizado los indicadores *PMa* y *PCI* aplicando las variables particulares del uso destinado a explotaciones, señaladas en la Tabla 114, necesarias para su cálculo.

Tabla 115. Resultados de ahorro en el uso explotaciones en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

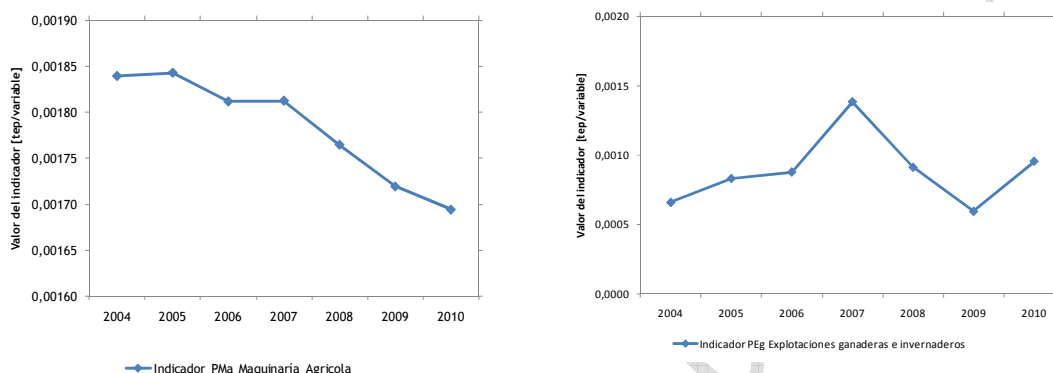
		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Uso explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos	<i>PMa + PCI</i>	165,7	-65,6
	Maquinaria	<i>PMa</i>	122,7	146,8
	Climatización	<i>PCI</i>	43,0	-212,4
Base 2007 [ktep]	Uso explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos	<i>PMa + PCI</i>	621,1	427,1
	Maquinaria	<i>PMa</i>	95,3	119,6
	Climatización	<i>PCI</i>	525,8	307,5

Por consiguiente tanto para 2009 como para 2010 en base 2004 ó 2007 se observan ahorros en energía final determinados fundamentalmente por una mejora del ratio (ver Tabla 116) que relaciona la evolución del consumo de gasóleo B con la superficie de cultivo expresada en hectáreas.

**Tabla 116.** Evolución de los indicadores PMa y PCI relativo a explotaciones agrícolas, ganaderas e invernaderos en el periodo 2004-2010

		2004	2007	2008	2009	2010
PMa	Consumo energético de maquinaria por explotación [ktep/explot.]	0,001839	0,001812	0,001765	0,001719	0,001694
PCI	Consumo energético de climatización por explotación [ktep/explot.]	0,000658	0,001382	0,000911	0,000593	0,000954

**Figura 62.** Evolución de los indicadores PMa y PCI relativo a explotaciones agrícolas, ganaderas e invernaderos en el periodo 2004-2010



Como se menciona al principio de la presente sección el IDAE a través de los fondos asociados al Plan de Acción de Eficiencia Energética PAE4+ ha apoyado la mejora de la eficiencia energética en las explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos, incluyendo el Plan Renove de Tractores, con un total en el periodo de 118,2 M€.

**Tabla 117.** Subvención destinada al uso explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos en el periodo 2006-2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Promoción-formación técnicas uso eficiente de la energía [k€]	935	1.355	956		859	IDAE
Auditorías energéticas y actuaciones de mejoras de explotaciones agrarias [k€]	362	308	982	1.522	2.138	IDAE
Plan Renove de tractores y mejora de la eficiencia energética [k€]	1.508	34.912	48.887	20.138	1.215	MARM
Apoyo a la migración hacia la agricultura de conservación [k€]			93	464	1.580	IDAE

**Tabla 118.** Número de tractores acogidos a las ayudas del Plan Renove de 2006 a 2010

	2006	2007	2008	2009	2010	Fuente
Plan Renove de tractores y mejora de la eficiencia energética [tractores]	548	2.164	3.558	1.948	123	MARM



## 6. Ahorros obtenidos en el sector agricultura y pesca a 2010

Por lo tanto el sector agricultura y pesca ha conseguido unos ahorros de 425,5 ktep en el período 2004-2010. Esto ahorros han venido conseguidos en un 38% por el subsector de pesca y en un 62% por el subsector agricultura.

Se entiende que para un sector como el de la agricultura y pesca el indicador más adecuado para la medición del ahorro energético es el  $M8'$ . Esto es debido a que a pesar de recoger una gran variedad de efectos sus variables de actividad son más consistentes que en el caso de los *PRe*, *PPe*, *PMA* y *PCI*.

Tabla 119. Resultados de ahorro en el sector agricultura y pesca y sus principales subsectores en 2009 y 2010 con base 2004 y 2007

		Indicador asociado	2009	2010
Base 2004 [ktep]	Total sector agricultura y pesca	$M8'$	694,5	425,5
	Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	$M8'_1$	506,5	240,1
	Pesca y acuicultura	$M8'_2$	167,4	146,4
Base 2007 [ktep]	Total sector agricultura y pesca	$M8'$	736,2	466,7
	Agricultura, ganadería, caza y selvicultura	$M8'_1$	627,4	359,7
	Pesca y acuicultura	$M8'_2$	141,2	121,6

Adicionalmente es posible distinguir entre los ahorros totales asociados a los perímetros exteriores y los ahorros directos producidos de forma natural o inducida. Finalmente se expone en el último apartado los posibles efectos indirectos producidos en el sector.

### 6.1. Efectos indirectos

Entre el perímetro exterior (425,5 ktep) resultado del indicador  $M8'$  y los interiores (386,4 ktep) resultado de la suma entre  $M8'_1$  y  $M8'_2$  existe una diferencia de 39,1 ktep relacionada con el cambio producido en el peso de cada subsector sobre el consumo global. El porcentaje que representa el consumo del subsector agricultura, pasa del 82% en 2004 al 85% en 2010 teniendo un consumo por unidad de VAB en 2010 (0,12 ktep/VAB) menor que el del subsector pesca (0,37 ktep/VAB).

### 6.2. Agricultura, ganadería, caza y selvicultura

En este subsector se han podido considerar ciertos efectos indirectos entre el perímetro del subsector y las medidas de ahorro contabilizados en 232,2 ktep, debidos fundamentalmente a:

- Una reducción de la producción agrícola (-2,2% en el periodo 2004-2007) debido a la coyuntura económica.
- Una mejora natural no cuantificable de la eficiencia en el consumo energético debido a una evolución tecnológica tanto de la maquinaria de las explotaciones como de los sistemas de regadío.

Así mismo, también se consideran efectos indirectos los ahorros producidos por la implantación del resto de mecanismos desarrollados por el PAE4+:

- Programa de desarrollo rural sostenible (PDRS) según el RD 752/2010.
- Programas de comunicación y difusión (cursos de formación). Auditorías energéticas y planes de actuación de mejoras en explotaciones agrarias, ganaderas e invernaderos.
- Apoyo a la migración hacia la agricultura de conservación.

### **6.3. Pesca y acuicultura**

En relación a los efectos indirectos o no cuantificados en el sector de pesca y acuicultura se han podido contabilizar 131,1 ktep, debidos fundamentalmente a:

- Una reducción de las capturas debido a las restricciones legales para controlar las poblaciones de especies marinas y a la actual coyuntura económica.
- Una mejora natural no cuantificable de la eficiencia en el consumo energético debido a una evolución tecnológica de los propios barcos a través de sus componentes: hélices, motores eléctricos-híbridos, etc.

Así mismo, también se consideran efectos indirectos los ahorros producidos por la implantación del resto de mecanismos que no se han podido contabilizar:

- Promoción y formación de técnicas de uso eficiente de la energía en el subsector pesquero y acuicultor.
- Mejora del ahorro y la eficiencia energética en el sector pesquero: cómo por ejemplo las ayudas a modificaciones de motores, hélices y combustibles alternativos en la flota pesquera y en el Proyecto “Peixe Verde”.

### **6.4. Doble contabilidad**

No se han observado posibilidad de incurrir en una doble contabilidad de los ahorros producidos por estas medidas en los subsectores estudiados.

BORRADOR 02.06.2011

## VII. SECTOR TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

### 1. Resumen de ahorros

#### SECTOR TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA

El sector transformación engloba aquellas actividades cuya finalidad son la conversión de energía primaria en energía final. Cubre por tanto la generación eléctrica, el refino de petróleo y la cogeneración.

El sector transformación de la energía ha generado unos ahorros de energía primaria de 9.767 ktep en 2010 con base 2004, que se deben mayoritariamente a la mejora de la eficiencia del parque de generación eléctrica.

#### Consumos del sector

	Energía final [ktep]	Energía primaria [ktep]
	2010	2010
<b>TOTAL CONSUMOS SECTOR</b>	<b>77.294</b>	<b>108.032</b>
GENERACIÓN ELÉCTRICA	22.861	49.249
REFINO DE PETRÓLEO	54.433	58.783

#### Resultado de ahorros totales

	Energía final [ktep]		Energía primaria [ktep]		Emisiones CO <sub>2</sub> [ktCO <sub>2</sub> ]	
	04-10	07-10	04-10	07-10	04-10	07-10
<b>TOTAL AHORROS SECTOR</b>	<b>N/A</b>	<b>N/A</b>	<b>9.767</b>	<b>7.019</b>	<b>51.797</b>	<b>53.254</b>
GENERACIÓN	N/A	N/A	9.482	6.909	51.466	52.947
REFINO DE PETRÓLEO	N/A	N/A	72	39	38	186
COGENERACIÓN	N/A	N/A	213	71	293	121

#### Conclusiones

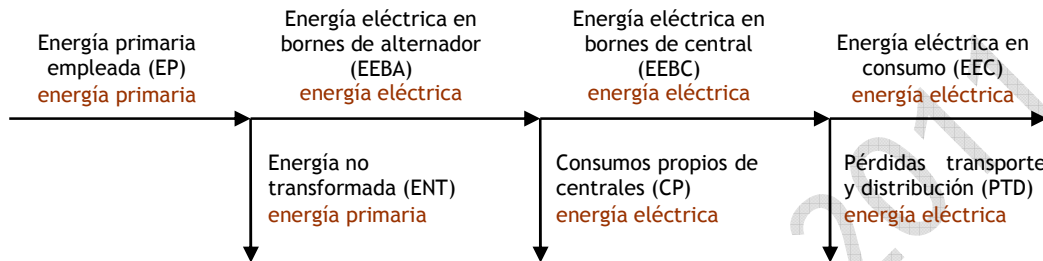
En el año 2010, de un consumo total en España de energía primaria de 131.927 ktep, 62.358 ktep (un 47%) fue petróleo, mayoritariamente procesado en las refinerías españolas, y 49.249 ktep (un 37%) fueron consumidos para la producción eléctrica nacional. Estas magnitudes ponen de manifiesto la importancia estratégica de la eficiencia energética en el sector transformación de la energía.

En el período estudiado, la práctica totalidad de los ahorros son debidos a la mejora del rendimiento global del parque de generación eléctrica. Así, en 2010, los ahorros en generación eléctrica fueron de 9.482 ktep, tomando como año de referencia el año 2004. El sector refino presenta ahorros en 2010 respecto el año 2004 de 72 ktep, mayoritariamente debido a la disminución de las pérdidas. El sector cogeneración aporta unos ahorros de energía primaria de 213 ktep, derivados de la alta eficiencia en la producción simultánea de calor y electricidad respecto a la producción separada de estos flujos energéticos.

## 1. Generación eléctrica

### 1.1. Metodología

La metodología de obtención del ahorro de energía primaria asociado al subsector generación eléctrica se describe desagregada en lo que se refiere a la propia actividad de transformación energética, consumos propios de las centrales, y a la actividad de transporte y distribución. El siguiente diagrama muestra el flujo de las diversas magnitudes energéticas.



De este modo el ahorro de energía primaria total en el subsector generación eléctrica se obtiene por la suma de tres contribuciones tal y como se indica en la siguiente fórmula:

$$AEP_a = AEP_{ENT-a} + AEP_{CP-a} + AEP_{PTD-a}$$

donde:

- $AEP_a$ : ahorro de energía primaria en generación eléctrica en el año 'a' respecto al año de referencia
- $AEP_{ENT-a}$ : ahorro de energía primaria por eficiencia en la transformación en el año 'a' respecto al año de referencia
- $AEP_{CP-a}$ : ahorro de energía primaria por eficiencia en consumos propios en el año 'a' respecto al año de referencia
- $AEP_{PTD-a}$ : ahorro de energía primaria por eficiencia en redes de transporte y distribución en el año 'a' respecto al año de referencia

#### **Ahorro de energía primaria por eficiencia en la transformación energética**

El ahorro de energía primaria obtenido por la mayor eficiencia en la actividad de transformación de energía primaria en energía eléctrica se obtiene del siguiente modo:

$$AEP_{ENT-a} = \frac{EEBA_a}{\eta_{EEBA/EP-ref}} - EP_a$$

donde:

- $EEBA_a$ : energía eléctrica total en bornes de alternador producida en el año 'a'
- $EP_a$ : energía primaria total empleada en el año 'a'
- $\eta_{EEBA/EP-ref}$ : rendimiento entre EEBA y EP en el año de referencia, calculado del modo:

$$\eta_{EEBA/EP-ref} = \frac{EEBA_{ref}}{EP_{ref}}$$

### Ahorro de energía primaria por menores consumos propios

Los ahorros debidos a la reducción de los consumos propios de las centrales de generación, se estiman siguiendo la expresión:

$$AEP_{CP-a} = \frac{EEBC_a}{\eta_{EEBC/EP-ref}} - \frac{EEBA_a}{\eta_{EEBA/EP-ref}}$$

donde:

EEBC<sub>a</sub> energía eléctrica total en bornes de central en el año 'a'  
 EEBA<sub>a</sub> energía eléctrica total en bornes de alternador en el año 'a'  
 η<sub>EEBC/EP-ref</sub>: rendimiento entre EEBC y EP en el año de referencia, calculado del modo:

$$\eta_{EEBC/EP-ref} = \frac{EEBC_{ref}}{EP_{ref}}$$

η<sub>EEBA/EP-ref</sub>: rendimiento entre EEBA y EP en el año de referencia, cuyo cálculo ya se ha indicado

### Ahorro de energía primaria menores pérdidas en transporte y distribución

Análogamente, se evalúan los ahorros resultantes de una reducción de pérdidas en transporte y distribución:

$$AEP_{PTD-a} = \frac{EEC_a}{\eta_{EEC/EP-ref}} - \frac{EEBC_a}{\eta_{EEBC/EP-ref}}$$

donde:

EEC<sub>a</sub> energía eléctrica total en bornes de consumo en el año 'a'  
 EEBC<sub>a</sub> energía eléctrica total en bornes de central en el año 'a'  
 η<sub>EEC/EP-ref</sub>: rendimiento entre EEC y EP en el año de referencia, calculado del modo:

$$\eta_{EEC/EP-ref} = \frac{EEC_{ref}}{EP_{ref}}$$

η<sub>EEBC/EP-ref</sub>: rendimiento entre EEBC y EP en el año de referencia, cuyo cálculo ya se ha indicado

## 1.2. Variables clave para el cálculo de ahorros

Para el cálculo del ahorro de energía primaria del sector generación eléctrica obtenido en el periodo según el esquema de ahorros y la metodología presentada anteriormente, se ha utilizado la relación de variables de actividad presentada en la Tabla 120.

Tabla 120. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros del sector generación eléctrica.

Variable	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Energía primaria empleada [ktep]	53.096	57.352	56.172	50.995	49.249	MITyC
Hidráulica	2.952	2.625	2.246	2.510	3.898	MITyC
Nuclear	16.576	14.360	15.368	13.750	16.102	MITyC
Carbón en Régimen Ordinario	17.839	17.298	11.109	8.218	5.977	MITyC
Fuel y gas natural en RO (sin CCGT)	4.115	3.704	3.178	3.153	2.342	MITyC
Ciclo combinado en RO	5.414	11.287	15.237	13.406	10.680	MITyC

Variable	2004	2007	2008	2009	2010	Fuente
Carbón, petrolíferos y GN en RE	3.717	4.150	4.527	4.572	4.183	MITyC
Biomasa y Residuos	1.079	1.512	1.487	1.560	1.497	MITyC
Solar termoeléctrica	0	3	6	40	271	MITyC
Resto renovables	1.404	2.414	3.013	3.787	4.299	MITyC
Energía eléctrica en bornes de alternador [GWh]	276.358	311.125	317.862	296.457	300.241	MITyC
Hidráulica	34.324	30.519	26.117	29.184	45.321	MITyC
Nuclear	63.606	55.102	58.971	52.761	61.788	MITyC
Carbón en Régimen Ordinario	80.097	74.203	49.018	36.106	24.730	MITyC
Fuel y gas natural en RO (sin CCGT)	17.912	11.731	11.309	11.227	10.544	MITyC
Ciclo combinado en RO	28.974	72.219	95.529	82.253	68.303	MITyC
Carbón, petrolíferos y GN en RE	32.097	35.639	37.240	36.012	33.986	MITyC
Biomasa y Residuos	3.023	3.635	4.625	4.781	4.891	MITyC
Solar termoeléctrica	0	8	16	103	691	MITyC
Resto renovables	16.325	28.069	35.037	44.030	49.987	MITyC
Consumos propios [GWh]	11.399	11.995	11.679	10.462	9.956	MITyC
Pérdidas transporte y distribución [GWh]	24.635	27.649	27.438	25.830	24.456	MITyC

### 1.3. Ahorros obtenidos

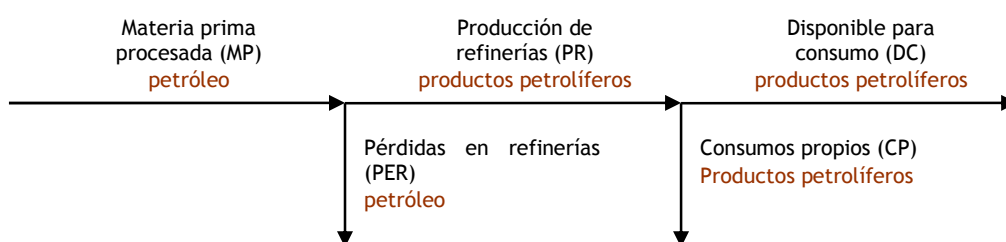
Los ahorros de energía primaria totales del sector de generación eléctrica en 2010 respecto el año 2004 ascienden a 9.482 ktep. Estos ahorros resultan de sumar la mejora de eficiencia en la transformación energética (8.435 ktep), el menor consumo propio de las centrales (487 ktep) y la reducción de pérdidas de transporte y distribución (560 ktep).

En lo que respecta a ahorros en base al año 2007, en el año 2010 se ha verificado un ahorro total de energía primaria de 6.909 ktep. Estos ahorros son aportados en 6.097 ktep por parte de la transformación energética, 310 ktep por parte de menores consumos en las centrales y 502 ktep por parte de reducción de pérdidas en redes de transporte y distribución.

## 2. Refino de petróleo

### 2.1. Metodología

La mejora de la eficiencia del sector refino es fruto de la disminución en las pérdidas de las refinerías y de la variación en los consumos propios de éstas. El siguiente diagrama muestra la relación entre el consumo de energía primaria, la producción de refinería y la cantidad de productos petrolíferos desinados a su consumo.



El cálculo del ahorro de energía primaria se realiza del siguiente modo:

$$AEP_a = \frac{DC_a}{\eta_{DC/MP-ref}} - MP_a$$

donde:

- $AEP_a$ : ahorro de energía primaria en refino de petróleo en el año 'a' respecto al año de referencia  
 $DC_a$ : energía de productos petrolíferos producidos en las refinерías destinados a consumos finales en el año 'a'  
 $MP_a$ : energía de la materia prima (petróleo) consumido en las refinерías en el año 'a'  
 $\eta_{DC/MP-ref}$ : rendimiento entre DC y MP en el año de referencia, calculado del modo:

$$\eta_{DC/MP-ref} = \frac{DC_{ref}}{MP_{ref}}$$

## 2.2. Variables clave para el cálculo de ahorros

Para el cálculo en el periodo del ahorro de energía primaria del sector refino de petróleo según la metodología explicada, se ha utilizado la relación de variables de actividad presentada en la Tabla 121.

Tabla 121. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros del sector refino de petróleo

Variable	2004	2007	2008	2009	2010*	Fuente
Materia prima procesada [ktep]	61.201	61.539	62.253	58.835	58.783	CORES
Pérdidas en refinерías [ktep]	610	528	599	528	526	CORES
Producción de refinерías [ktep]	60.591	61.011	61.653	58.307	58.257	CORES
Consumos propios [ktep]	3.988	4.063	4.132	4.028	3.824	CORES
Disponible para consumo [ktep]	56.603	56.948	57.521	54.279	54.433	CORES

\* 2010 se ha estimado es base a información del MITyC (pérdidas y autoconsumos) y AOP (disponible para consumo).

## 2.3. Ahorros obtenidos en el refino de petróleo

En el año 2010 respecto al año 2004 se verificó un ahorro de energía primaria de 72 ktep en el subsector refino de petróleo, mientras que respecto al año 2007 el ahorro ha sido de 39 ktep.

### 3. Fomento de la cogeneración

#### 3.1. Metodología

En el caso de la cogeneración, el cálculo del ahorro de energía primaria se realiza por comparación con la eficiencia de los sistemas convencionales de generación de energía eléctrica y energía térmica. La expresión empleada es la siguiente:

$$AEP_a = \frac{E_a}{Ref E_{ref} \cdot FC_{ref}} + \frac{H_{CHP-a}}{Ref H_{ref}} - F_a$$

donde:

- AEP<sub>a</sub>: ahorro de energía primaria por nuevas cogeneraciones en el año 'a'  
 E<sub>a</sub>: energía eléctrica generada por nuevas cogeneraciones en el año 'a'  
 Ref E<sub>ref</sub>: rendimiento eléctrico de la generación eléctrica convencional en el año de referencia  
 FC<sub>ref</sub>: factor de conversión por tensión de conexión en el año de referencia, de acuerdo al anexo IV de la Decisión de la Comisión de 21 de diciembre de 2006 de conformidad con lo dispuesto en la Directiva 2004/8/CE  
 H<sub>CHP-a</sub>: calor útil generado por nuevas cogeneraciones en el año 'a'  
 Ref H<sub>ref</sub>: rendimiento de la generación térmica convencional en el año de referencia  
 F<sub>a</sub>: consumo de energía primaria de nuevas cogeneraciones en el año 'a'

#### 3.2. Variables clave para el cálculo de los ahorros en cogeneración

Para el cálculo de los ahorros de las diferentes medidas de cogeneración, según la metodología y criterios anteriormente explicados, se utilizan las variables de actividad recogidas en la Tabla 122.

Tabla 122. Variables de actividad utilizadas en el cálculo de ahorros de energía primaria del sector cogeneración

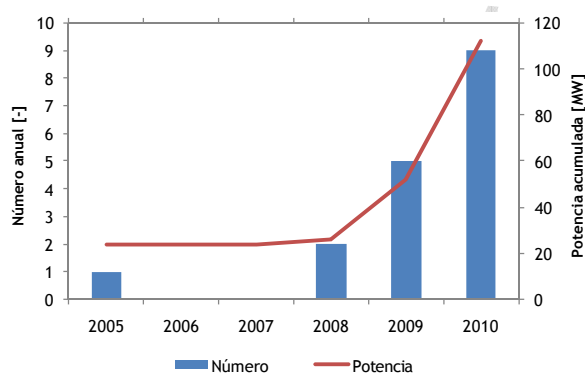
Variable		2007	2008	2009	2010	Fuente
Fomento de instalaciones de pequeña potencia						
Base 2004	Energía eléctrica generada (GWh)	0	0	0,29	0,29	MITYC
	Calor total producido (Gcal)	0	0	502	502	MITYC
	Combustible total consumido (TJ)	0	0	3,66	3,66	MITYC
Base 2007	Energía eléctrica generada (GWh)	-	0,00	0,29	0,29	MITYC
	Calor total producido (Gcal)	-	0	502	502	MITYC
	Combustible total consumido (TJ)	-	0,00	3,66	3,66	MITYC
Fomento de instalaciones en actividades no industriales						
Base 2004	Energía eléctrica generada (GWh)	558	522	920	920	MITYC
	Calor total producido (Gcal)	485.653	468.259	825.303	825.303	MITYC
	Combustible total consumido (TJ)	5.628	5.321	9.407	9.405	MITYC
Base 2007	Energía eléctrica generada (GWh)	-	0	229	316	MITYC
	Calor total producido (Gcal)	-	0	299.271	283.831	MITYC
	Combustible total consumido (TJ)	-	0	2.792	3.235	MITYC



Fomento de instalaciones en actividades industriales						
Base 2004	Energía eléctrica generada (GWh)	1.285	1.614	2.312	2.331	MITYC
	Calor total producido (Gcal)	1.368.838	1.450.098	2.447.601	2.467.562	MITYC
	Combustible total consumido (TJ)	14.274	16.507	25.497	25.700	MITYC
Base 2007	Energía eléctrica generada (GWh)	-	232	915	1.033	MITYC
	Calor total producido (Gcal)	-	183.426	1.169.258	1.093.719	MITYC
	Combustible total consumido (TJ)	-	2.255	11.129	11.391	MITYC

En lo que se refiere a modificación sustancial, se han considerado 17 plantas de cogeneración que han acometido renovación de equipos entre el año 2005 y el 2010. El número y potencia anual de las actuaciones quedan reflejados en la Figura 63.

**Figura 63.** Número y potencia de modificaciones sustanciales en plantas de cogeneración en el período 2005-2010. Fuente: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio



Para cuantificar los ahorros de las modificaciones sustanciales se han considerado incrementos en el rendimiento eléctrico de las plantas renovadas respecto a las originales y horas de funcionamiento acordes a las características técnicas de cada una de las 17 plantas. Se ha tenido en cuenta la tecnología de cada una de ellas y el subsector al que están asociadas.

### 3.3. Ahorros obtenidos en cogeneración

El ahorro de energía primaria de la cogeneración en régimen especial en 2010 respecto al año 2004 es de 213 ktep. Este ahorro se puede desglosar en función del tamaño de la planta de cogeneración y del sector económico al que pertenece el usuario de calor. Así, la contribución de la cogeneración de pequeña potencia (< 150 kW) es de 32 tep, la asociada a actividades no industriales es de 49 ktep, y la ligada a actividades industriales ha representado en el período el mayor ahorro (159 ktep). Adicionalmente, hasta 60 MW han acometido una modificación sustancial en el periodo. Los ahorros derivados de estas renovaciones ascienden a 6 ktep.

En lo que se refiere a ahorros de energía primaria en 2010 respecto el año 2007, se dispone de un ahorro total de 71 ktep, aportado en 10 tep por cogeneración de pequeña potencia, 10 ktep por cogeneración en actividades no industriales, 55 ktep en actividades industriales y 6 ktep en modificación sustancial.