

# Guía de Ahorro y Eficiencia Energética



## en las Explotaciones de Minerales Industriales



Madrid Vive Ahorrando Energía





# Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en las Explotaciones de Minerales Industriales



Madrid **Ahorra** con Energía

Madrid, 2012



Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid



[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



 CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA  
**Comunidad de Madrid**  
[www.madrid.org](http://www.madrid.org)



Esta guía ha sido realizada por iniciativa de la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.

La elaboración técnica ha sido encomendada a la empresa Alba Ingenieros Consultores, S.L.

Esta Guía se puede descargar en formato pdf desde la sección de publicaciones de las páginas web:

**[www.madrid.org](http://www.madrid.org)**

(Consejería de Economía y Hacienda, organización Dirección General de Industria, Energía y Minas)

**[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)**

Si desea recibir ejemplares de esta publicación en formato papel puede contactar con:

Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid  
[dgtecnico@madrid.org](mailto:dgtecnico@madrid.org)

Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid  
[fundacion@fenercom.com](mailto:fundacion@fenercom.com)

La Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, respetuosa con la libertad intelectual de sus colaboradores, reproduce los originales que se le entregan. Tanto la Comunidad de Madrid como la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, no se hacen responsables de las opiniones, imágenes, textos y trabajos de los autores ni de las posibles consecuencias que se deriven para las personas físicas o jurídicas que actúen o dejen de actuar de determinada forma como resultado de la información contenida en esta publicación.

Depósito Legal: M. 37.476-2012

Imprime: Gráficas Arias Montano, S. A.  
28935 MÓSTOLES (Madrid)

# Presentación

La mejora de la eficiencia energética en las explotaciones de minerales industriales se debe abordar con un enfoque sistemático, ya que todo el proceso de explotación está integrado por un conjunto de operaciones que, si bien pueden parecer independientes unas de otras, están interrelacionadas entre sí.

En cualquier explotación minera, el consumo de energía constituye una partida importante de los costes de producción, siendo notable el potencial de ahorro que existe.

Por otro lado, los tipos de energía son diferentes en función de las características de los materiales extraídos, tipos de maquinaria utilizada y sistemas de abastecimiento.

En este contexto, la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, y dentro de la campaña Madrid Ahorra con Energía, han decidido publicar esta Guía, en la que se expone la metodología para reducir el consumo global de energía en las canteras, así como la tecnología disponible para conseguir dicho fin en las distintas fases del ciclo de producción, con el objetivo de hacer más competitiva a la industria extractiva.

**Carlos López Jimeno**

Director General de Industria, Energía y Minas



# Índice

<b>Capítulo 1. Introducción</b>	11
<b>Capítulo 2. Objetivos y metodología del estudio</b>	13
<b>Capítulo 3. Conceptos generales de energía, ahorro y eficiencia energética</b>	15
1. Energía. Tipos y medida	15
2. Ahorro y eficiencia energética	18
<b>Capítulo 4. Breve revisión del panorama energético</b>	21
1. Tendencia actual en el consumo energético nacional	21
2. Situación energética de la Comunidad de Madrid	28
3. Consumo de energía en el sector industrial	32
a. El sector industrial en España	32
b. El consumo energético de las industrial de la Comunidad de Madrid	36
4. Actuaciones institucionales en ahorro y eficiencia energética en el sector industrial madrileño	38
<b>Capítulo 5. El sector minero en el ámbito de la Comunidad de Madrid</b>	43
<b>Capítulo 6. Explotaciones minerales industriales en la Comunidad de Madrid</b>	47
1. Arcillas comunes	48
2. Arcillas especiales: Sepiolita y Bentonita	49
3. Yesos	50
<b>Capítulo 7. Consumo de energía y eficiencia energética</b>	51
1. Consumo de energía	51
2. Eficiencia energética	52
<b>GUÍA DE AHORRO Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS EXPLOTACIONES...</b>	<b>7</b>

<b>Capítulo 8. Diagnóstico sobre la eficiencia energética de las explotaciones de minerales industriales</b>	55
1. Arcillas comunes	55
2. Sepiolita - Bentonita	56
3. Yesos	57
<b>Capítulo 9. Conclusiones</b>	61
1. Conclusiones generales	61
2. Conclusiones particulares para el yeso	61
<b>Capítulo 10. Auditorías energéticas y planes de ahorro</b>	63
Fase I. Toma de datos y mediciones	65
Fase II. Evaluación, Análisis y Optimización	65
Fase III. Propuestas de Mejoras	66
<b>Anexo. Cuestionario consumo energético</b>	69

Uno de los principales objetivos del *Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012* es fomentar el ahorro energético y mejorar la eficiencia en todos los sectores de la actividad madrileña y en diversos niveles, para lograr, cuando éste concluya, la reducción de un 10% del consumo energético.

Estas medidas son especialmente significativas en Madrid, al ser una comunidad básicamente consumidora, con un escaso potencial energético, pero con una importante actividad económica que aporta la sexta parte del PIB nacional, y el segundo PIB per cápita más alto de España.

El transporte es el sector que más energía final consume en la Comunidad de Madrid, superior al 50% del total seguido del consumo doméstico con un 24,2%, la industria, donde quedan incluidas las actividades extractivas, también tiene un peso relativo significativo, ya que en conjunto absorbe el 11,7% de la energía total gastada en la Comunidad, cifra que a nivel nacional asciende hasta el 31%.

La aportación de la minería a la industria madrileña es del 2,2% del PIB de la región. Si bien esta actividad no ocupa un lugar sobresaliente en España, con tan sólo un 5,75% sobre el valor total de la producción minera según el Panorama Minero de 2007, debido fundamentalmente a que no cuenta con explotaciones metálicas ni energéticas, sí alcanza una posición relevante en relación a los productos de cantera y, especialmente, a los minerales industriales, destacando las explotaciones de glauberita, sepiolita, yeso y granito ornamental.

Todas estas características hacen que la adecuada gestión de la energía se configure como un factor clave para el desarrollo sostenible de la Región.

Es por ello que desde la administración autonómica se está haciendo un esfuerzo importante para fomentar el consumo responsable y equilibrado de los productos energéticos, junto con otras actuaciones encaminadas a la mejora de las infraestructuras energéticas, apostando fuertemente también por el uso de fuentes renovables.

Entre las diferentes acciones desarrolladas al respecto destacan las que lleva a cabo la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, dentro de la campaña *Madrid Ahorra con Energía*, que tienen como principios básicos concienciar a la población en el ahorro energético, así como aumentar la competitividad de los sectores productivos de la región.

Para poder aplicar medidas sectoriales específicas de ahorro y eficiencia energética, tal y como prevé el Plan Energético de la Comunidad de Madrid, es necesario conocer y analizar la situación de los tipos de energía demandada por las diferentes actividades de la economía madrileña.

En el año 2010 se llevó a cabo un estudio diagnóstico sobre el consumo y la eficiencia energética las explotaciones de áridos de la Comunidad de Madrid que concluyó con la publicación de la ***Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en Canteras de Áridos***, editada por la Consejería de Economía y Hacienda, en colaboración con la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid, en la que se expone la metodología para reducir el consumo global de energía en las canteras, así como la tecnología disponible para conseguir dicho fin en las distintas fases del ciclo de producción, con el objetivo de hacer más competitiva a la industria extractiva.

Siguiendo esta misma línea de acción, el documento que se presenta a continuación corresponde a la ***Guía de Ahorro y Eficiencia Energética en las Explotaciones de Minerales Industriales de la Comunidad de Madrid***.

En este caso el análisis se ha centrado en el sector del yeso y de las arcillas, incluidas las especiales (sepiolita y bentonita), y al igual que en el primer estudio, tiene como objetivo general obtener una panorámica en cuanto al consumo energético en este tipo de explotaciones, para determinar a partir de un índice de eficiencia energética los potenciales de ahorro.

Con estas publicaciones, la Administración pretende poner en conocimiento de técnicos, empresarios y público en general, las técnicas y sistemas de ahorro disponibles y las líneas de investigación actualmente existentes para llevar a cabo una gestión energética más efectiva en los diferentes ámbitos económicos.

## Objetivos y metodología del estudio

Tomando los principios básicos del Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012 de ahorro y eficiencia energética como marco de referencia, con el estudio diagnóstico de las explotaciones mineras activas existentes en la Comunidad de Madrid, que según las últimas estadísticas publicadas (año 2007) ascienden a 27 explotaciones en total, se pretende establecer una estructura y distribución del consumo energético a partir de los datos de consumo aportados por las empresas explotadoras con el fin último de mejorar la competitividad de un sector, que el año 2007 aportaba el 10,51% a la producción total minera de la Región con más de 2,9 Mt producidas, que en cifras económicas representaba casi un 10% del valor de la misma, con más de 9,33 M€.

El análisis de la eficiencia energética de las explotaciones de minerales se ha efectuado empíricamente, para lo que ha sido necesario partir de datos reales y actuales sobre consumos energéticos y su distribución en las diferentes operaciones que conforman el ciclo productivo de los minerales industriales analizados en esta segunda fase de caracterización del sector minero madrileño.

Para ello, los datos de las explotaciones se han obtenido de los Planes de Labores facilitados por la Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid, en los que se han considerado las producciones y los consumos de los años 2006, 2007 y 2008.

Con la información recopilada se ha realizado un estudio de la eficiencia energética de las explotaciones de minerales.

El consumo energético final de las explotaciones mineras está directamente relacionado con el coste total de producción, el cual, a su vez, está compuesto por el sumatorio de los costes unitarios correspondientes a las diferentes operaciones que conforman el ciclo de extracción-carga-transporte-tratamiento.

Para poder tratar los valores en «bruto» obtenidos de las fuentes de información utilizadas, se han determinado los consumos específicos para las diferentes rocas tratadas (t/h, kWh), en función de la producción horaria.

Seguidamente se han calculado los consumos totales por tipo de sustancias y energías empleadas, así como una serie de conclusiones en cuanto a la



adecuación de los recursos energéticos empleados en las distintas fases de la explotación, y su eficiencia relativa.

Haciendo un análisis estadístico con los datos disponibles, se ha definido un *Índice de Eficiencia Energética* (IE) que depende del tipo de roca, los consumos de energía específicos y la producción horaria. Estos datos sirven de referencia para comparar los IE de otras explotaciones y conocer el grado de eficiencia de una explotación en particular.

A este respecto, y para poder efectuar un diagnóstico energético global del sector los minerales industriales, en este estudio se han revisado 17 explotaciones de sepiolita-bentonita, arcillas y yesos, que corresponden a casi un 63% del número total de las activas que operan en la Comunidad de Madrid según fuentes de 2007, muestra suficientemente representativa.

Con los resultados obtenidos en la fase anterior se ha efectuado un diagnóstico energético de cada sector de producción de áridos.

Finalmente se efectúa un análisis de la evolución de cada sector en el periodo estudiado desde 1970 a 2008, concluyéndose con una serie de recomendaciones de carácter sectorial.

Cada explotación deberá adoptar las técnicas que mejor se adecuen a sus características particulares, desarrollando un plan de ahorro y eficiencia energética específico, basado en los resultados y conclusiones del diagnóstico energético preliminar efectuado a partir de una auditoría energética, cuyos principales objetivos serán:

- ✱ Conocer la situación energética de la empresa en cada uno de sus áreas de trabajo, mediante la realización de encuestas, visitas y mediciones.
- ✱ Diagnosticar sobre el estado de la actividad respecto al consumo de energía de los procesos productivos y más concretamente de los principales equipos consumidores de energía.
- ✱ Detectar los factores que afectan al consumo energético.
- ✱ Proponer mejoras en función de las distintas oportunidades de ahorro identificadas y evaluadas, tanto técnicas como económicas.

# Conceptos generales de energía, ahorro y eficiencia energética

## 1. Energía. Tipos y medida

En física, «energía» se define como la capacidad para realizar un trabajo. En tecnología y economía, energía se refiere a un recurso natural (incluyendo su tecnología asociada) para extraerla, transformarla y luego darle un uso industrial o económico.

Las fuentes naturales de energía se pueden dividir en renovables y no renovables, dependiendo de su disponibilidad.

Las fuentes de energía renovables son aquellas que se producen o llegan en forma continua a la Tierra y que, a escalas de tiempo real, parecen ser inagotables. Estas fuentes son la energía hidráulica, la solar, la geotérmica, la mareomotriz y la energía de la biomasa.

Son fuentes de energía no renovables aquellas que se encuentran en forma limitada en nuestro planeta y se agotan a medida que se consumen. Este tipo de fuentes incluyen el carbón, el petróleo, el gas natural y la energía nuclear.

La mayor parte de las veces, la energía debe ser transportada, refinada y/o procesada a lo largo de la ruta de la energía, desde su obtención en bruto en la naturaleza hasta su consumo. Por ello, se distingue entre energía primaria y final.

Energía primaria es la cantidad total de recursos energéticos contenidos en los combustibles crudos y otras formas de energía consumidos, ya sea directamente o para su transformación en otras formas de energía. El concepto se utiliza especialmente en estadística energética en el transcurso de la compilación de balances energéticos.

La energía final es energía refinada y apta para ser utilizada en todas las aplicaciones que demanda la sociedad, ya sea con fines energéticos o como ma-

tería prima en los procesos productivos (consumo no energético). Se trata de un producto valioso, que debe ser usado con la máxima eficiencia.

La energía final disponible puede manifestarse de diferentes maneras, en forma de movimiento (cinética), de posición (potencial), de calor, de electricidad, de radiaciones electromagnéticas, etc. Según sea el proceso, la energía se denomina: Mecánica, Térmica, Eléctrica, Radiante, Química y Nuclear.

La Energía Mecánica es la que se debe a la posición (Energía Potencial) y al movimiento (Energía Cinética) de un cuerpo.

Energía Térmica es la forma de energía que interviene en los fenómenos caloríficos. Se puede obtener por combustión, a partir de reacciones nucleares (fisión y fusión), mediante energía eléctrica o por rozamiento. En la naturaleza se puede aprovechar directamente la energía obtenida de los rayos solares, tratándose entonces de Energía Solar Fotovoltaica, o del interior de la Tierra, en cuyo caso es la denominada Energía Geotérmica.

La Energía Eléctrica produce tres efectos básicos: luminoso, térmico y magnético. Se genera en las centrales eléctricas a partir de una fuente primaria de energía:

- ✱ Agua: central hidroeléctrica.
- ✱ Combustible fósil (carbón, gas natural, petróleo): central termoeléctrica.
- ✱ Uranio: central nuclear.
- ✱ Sol: central solar.
- ✱ Viento: central eólica.
- ✱ Calor interior de la Tierra: central geotérmica.
- ✱ Mareas: central mareomotriz.

Y a su vez, la energía eléctrica producida se puede transformar en muchas otras formas de energía: luz, mecánica o térmica.



**Foto 3.1.** Sistemas de obtención de energía a partir de fuentes renovables, como el Sol, el viento o el calor interior de la Tierra.

La Energía Radiante está asociada a las ondas electromagnéticas: luz visible, ondas de radio, rayos ultravioleta e infrarrojos y radiación del Sol.

Energía Química es la producida por reacciones químicas que desprenden calor o que por su violencia pueden desarrollar algún trabajo o movimiento (combustión, voladuras).

La Energía Nuclear es aquella que se libera como resultado de una reacción nuclear. Se puede obtener por el proceso de Fisión Nuclear (división de núcleos atómicos pesados) o bien por Fusión Nuclear (unión de núcleos atómicos muy livianos).

Aunque las unidades básicas de energía son el Julio (J), la Caloría (cal) y el kilovatio hora (kWh), internacionalmente el consumo de energía se miden en tep: tonelada equivalente de petróleo, que es la cantidad de energía liberada en la combustión de 1 tonelada de petróleo.

La BTU, abreviatura de British Thermal Unit, es la unidad de energía inglesa. En la actualidad se usa casi exclusivamente en los Estados Unidos, ya que ha sido sustituida por el julio, que es la unidad correspondiente del Sistema Internacional.

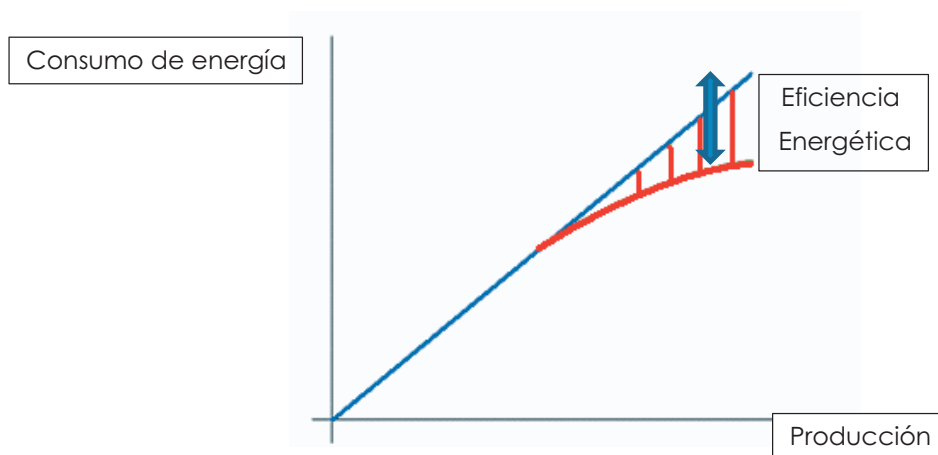
1 tep = 107 kcal
1 cal = 4,186 J
107 kcal = 11,628 MWh
1 BTU = 1.055 J
1 BTU = 252,2 cal

**Figura 3.1.** Equivalencias entre unidades de energía y sistemas de medidas.

## 2. Ahorro y eficiencia energética

La Real Academia define el término ahorrar como economizar, no malgastar algo. Partiendo de esta acepción lingüística, el ahorro en términos energéticos se entiende como el conjunto de acciones que permiten reducir el gasto (ahorrar) de energía en todas sus formas (eléctrica, térmica, de combustibles, etc.), con el menor impacto sobre el medio ambiente.

La eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos, o bien, el incremento o la mejora de los productos y servicios generados manteniendo un nivel dado de energía. Dentro de un proceso productivo y en todos los ámbitos de la sociedad, en general, la eficiencia energética se puede mejorar mediante la implantación de diversas medidas e inversiones a nivel tecnológico, de gestión y de hábitos de consumo.



**Figura 3.2.** Esquema conceptual de Eficiencia Energética.

Fuente: Jornadas sobre eficiencia energética en el sector de los áridos.  
Cátedra ANEFA. Carlos López Jimeno. Febrero 2010.

La combinación de ambos conceptos (ahorro – eficiencia) implica reducir el uso de los recursos energéticos disponibles, a la vez que permite incorporar toda una serie de mejoras y nuevas pautas de consumo con un efecto positivo a largo plazo.

La adecuada gestión energética, a través del desarrollo de un plan de ahorro y eficiencia energética puede proporcionar importantes ventajas tanto a las empresas que lo implantan como a la sociedad en general:

- ✱ Se reduce el consumo de energía primaria fósil no renovable.
- ✱ Disminuyen los consumos de energía final (calentamiento de agua, mantenimiento y almacenamiento de energía) y se optimiza su empleo.
- ✱ Permite la reducción de los costes energéticos de las empresas.
- ✱ Menores riesgos ambientales (fugas, accidentes, etc.), al tener una idea más completa de las fuentes de energía y las áreas de consumo de la actividad extractiva.
- ✱ Se cumple con la legislación ambiental vigente.
- ✱ Facilita la implantación de sistemas de gestión energética y ambiental. Favorece un uso sostenible de los recursos energéticos.

- ✱ Aumenta la competitividad, al favorecer que la actividad se pueda desarrollar de manera más efectiva y rentable (ahorro en el consumo de energía y reducción de los costes de producción).
- ✱ Mejora la imagen pública de la empresa.
- ✱ Posibilita la reducción del consumo energético del país.
- ✱ Contribuye a disminuir el calentamiento global, gracias a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero.
- ✱ Facilita al país el cumplimiento de los diferentes compromisos en materia energética y ambiental, en especial el Protocolo de Kioto.

## Breve revisión del panorama energético

### 1. Tendencia actual en el consumo energético nacional

Desde el punto de vista tecnológico y económico, la energía que actualmente se emplea en la producción de los bienes y servicios de la sociedad proviene de recursos naturales, en muchas ocasiones escasos. Por este motivo, es cada vez más importante llevar a cabo un aprovechamiento sostenible de las principales fuentes de energía y, en especial, de las denominadas no renovables, que incluyen los combustibles fósiles y nucleares, —carbón, petróleo, gas natural y minerales radioactivos—, ya que sus reservas son limitadas.



**Figura 4.1.** Consumo mundial de energía en 2007

Fuente: La Energía en España, 2008. MITyC.

Es por ello que, dentro de la estructura energética de muchos países, el uso de las denominadas energías renovables o alternativas, —eólica, solar, hidráulica, mareomotriz, biomasa y geotérmica—, está avanzando muy rápidamente, no sólo por su posibilidad de renovación sino también por su menor efecto contaminante. Pero, en cualquier caso, las energías no renovables y, en concreto, el petróleo, el gas natural y el carbón, siguen siendo todavía las fuentes primarias que mayor consumo alcanzan.

Históricamente, España ha sido y es un país claramente dependiente, estando obligado a realizar masivas importaciones de energías fósiles para satisfacer las

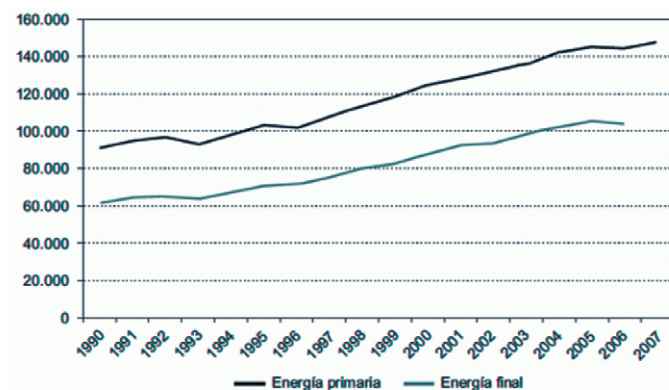


necesidades internas; así, en 2006 se importaron más de 1.010 Mtep (La Energía en España; 2008). En el ejercicio 2009, el balance energético también fue deficitario ya que únicamente se produjo el 23% del consumo total (29.972 ktep).

Según datos de la Agencia Europea de Estadística (Eurostat, Statistics in Focus, 2010), España ocupa el sexto lugar en dependencia energética de la UE-27, si bien el grado de autoabastecimiento está mejorando con respecto a los otros países europeos debido especialmente a la aportación de las energías renovables y, en concreto, a la evolución de la generación eléctrica con este tipo de fuentes renovables, la cual se estima en más de un 7,3% anual para la próxima década (Secretaría de Estado de la Energía del MITyC; abril, 2010).

En España el consumo de energía, tanto primaria como final, ha seguido una evolución similar a la de la mayoría de los países europeos y, en especial, respecto a los productos derivados del petróleo, en cuanto a que es este compuesto y sus derivados y, particularmente el gasóleo, el recurso más demandado, con un consumo muy superior al crecimiento económico.

Como se observa en la Fig. 4.3, esta tendencia creciente en la Comunidad de Madrid se rompió en 2001, cuando se inicia una mejoría en el ratio de intensidad energética<sup>1</sup>, manteniéndose desde entonces un descenso sostenido, algo por debajo de la reducción de la UE-27, que se cifra en un 10%. Según las previsiones del Gobierno, se espera que nuestro país alcance la convergencia en intensidad energética con la Unión Europea en el año 2020, tras acumular ganancias anuales del 2% durante este periodo ([www.mityc.es/es-ES/GabinetePrensa/Discursos](http://www.mityc.es/es-ES/GabinetePrensa/Discursos)).

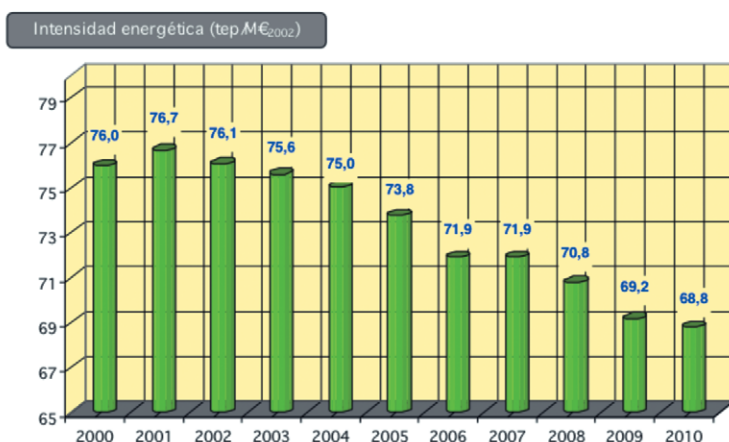


**Figura 4.2.** Evolución del consumo energético en España. 1990 - 2007

Fuente: LINARES, P.; 2009. *Eficiencia energética y medio ambiente*.

ECONOMÍA Y MEDIO AMBIENTE ICE, N.º 847.

<sup>1</sup> INTENSIDAD ENERGÉTICA = CONSUMO DE ENERGÍA (PRIMA O FINAL) / PIB.



**Figura 4.3.** Evolución de la intensidad energética en Comunidad de Madrid desde el año 2000 (Fuente: Comunidad de Madrid).

Si bien esta situación de bonanza en cuanto al consumo está coincidiendo con una importante crisis económica a nivel mundial, es probable que también sea reflejo de una mejora en la eficiencia energética, como consecuencia de la incidencia positiva de las políticas gubernamentales implantadas para fomentar el estímulo del ahorro y la eficiencia energética, concretamente de la Estrategia de Ahorro y Eficiencia Energética 2004-2012. Sin embargo, como señalan algunos analistas expertos en estos temas, la moderación en la evolución de la intensidad energética también puede ser reflejo de otros aspectos, como el aumento de los precios energéticos, la climatología, los cambios económicos estructurales, la mejora de la productividad energética, etc.

De hecho, tal y como se muestra en la Tabla 4.1, aunque en 2006, 2008 y, especialmente, en 2009, el consumo de energía primaria descendió drásticamente, situándose en 130.699 ktep, un 8,14% menos que en 2008, España sigue siendo uno de los países europeos con mayor demanda. En 2008 ocupaba el quinto puesto de la UE-27, únicamente superada por Alemania, Francia, Reino Unido e Italia, cuyas intensidades energéticas han ido disminuyendo progresivamente en las dos últimas décadas. Además, como se puede observar, se ha experimentado un ligero repunte del consumo en 2010.

**Tabla 4.1.** Evolución en el consumo de energía primaria en España (ktep).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep	ktep
Carbón	21.635	19.528	21.891	20.461	20.921	21.183	18.477	20.354	13.983	10.509	8.206
Petróleo	64.663	66.721	67.607	69.313	71.054	71.786	70.759	70.848	68.172	63.684	62.535
Gas Natural	15.223	16.405	18.757	21.254	24.671	29.120	30.298	31.602	34.782	31.096	31.003
Nuclear	16.211	16.602	16.422	16.125	16.576	14.995	15.669	14.360	15.368	13.750	16.056
Hidráulica	2.534	3.528	1.988	3.533	2.725	1.682	2.200	2.342	2.004	2.266	3.372
Otras Energías Renovables (1)	4.456	4.849	5.140	5.688	6.417	7.237	7.573	8.582	8.938	10.092	11.678
— Eólica					1.389	1.829	2.012	2.368	2.795	3.196	3.701
— Biomasa y residuos	3.937	4.022	4.336	4.478	4.706	5.067	5.294	5.687	4.934	4.867	6.896
— Biogás					28				228	221	
— Biocarburantes					228	265	170,9	384,9	620	1.074	
— Geotérmica					8	8	7,7	7,7	8	19	21
— Solar					58	68	88	135	353	716	1.060
Saldo Eléctrico (2)	382	297	458	109	-260	-116	-282	-494,4	-949,4	-697,2	-721,6
<b>Total</b>	<b>125.104</b>	<b>127.930</b>	<b>132.263</b>	<b>136.483</b>	<b>142.104</b>	<b>145.887</b>	<b>144.694</b>	<b>147.593</b>	<b>142.298</b>	<b>130.699</b>	<b>132.129</b>
<b>Total Renovables</b>	<b>6.990</b>	<b>8.377</b>	<b>7.128</b>	<b>9.221</b>	<b>9.142</b>	<b>8.919</b>	<b>9.773</b>	<b>10.924</b>	<b>10.942</b>	<b>12.359</b>	<b>15.051</b>

FUENTE: Balance Energético de la Comunidad de Madrid 2010. Fundación de la Energía - Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid y Secretaría de Estado de Energía del MITyC.

El tipo de fuentes energéticas que conforman la estructura primaria del consumo también es muy similar al resto de los países industrializados. Así, en 2010, los productos petrolíferos siguen siendo los recursos más demandados, con casi un 47% del total, seguidos por el gas natural que, además de experimentar el mayor aumento pasando de un 12,2% en 2000 a casi un 24% en 2010, se perfilan con una gran proyección a futuro.

Tan solo las renovables han visto crecer su demanda habiendo aumentado su consumo más de un 215% en una década. Por el contrario, muestran una tendencia claramente descendente la energía nuclear y, en especial, el carbón, aunque en el resto del mundo sigue siendo la energía primaria de mayor consumo en los últimos años.

La energía final, una vez transformada, es más representativa de la actividad económica de un país que la primaria, debido, en parte, a que sufre menos oscilaciones por unidad de PIB, erigiéndose como un importante indicador del consumo y del ahorro energético interno. Por ello, es interesante analizar un poco más detenidamente la evolución y estructura del consumo energético final, con vistas a poder determinar si, en principio, resultará factible alcanzar el objetivo de gasto de 126.011 ktep, planteado por La Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (E4), para el año 2012.

En la Tabla 4.2 se observa que la evolución del consumo de energía final mantiene una distribución y tendencia similares a las del consumo de fuentes primarias, Fig. 4.2.

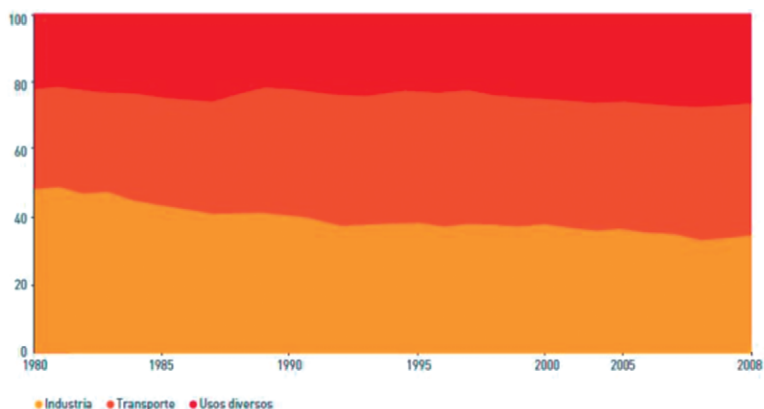
A este respecto debe apuntarse que la tendencia de años anteriores, con fuertes crecimientos, también se ha visto rota en la demanda de 2008 y 2009.

La mayor parte de esta energía se emplea como combustible (> 90,5%), siendo los productos petrolíferos los recursos más solicitados, seguidos por la electricidad y el gas natural, que en 2010 ya alcanzaba el 17% del total, constituyéndose como el tipo de energía final con mayor tasa de crecimiento, especialmente a partir de los años 90, debido a su uso en las centrales de ciclo combinado para obtener electricidad en las industrias. Por el contrario, el carbón está en claro declive, fundamentalmente por la menor actividad global del sector industrial, y en concreto, de la siderurgia que consumía cerca del 70% del total, hasta el año 2006.

**Tabla 4.2.** Evolución del consumo final energético en España por fuentes y sectores (ktep).

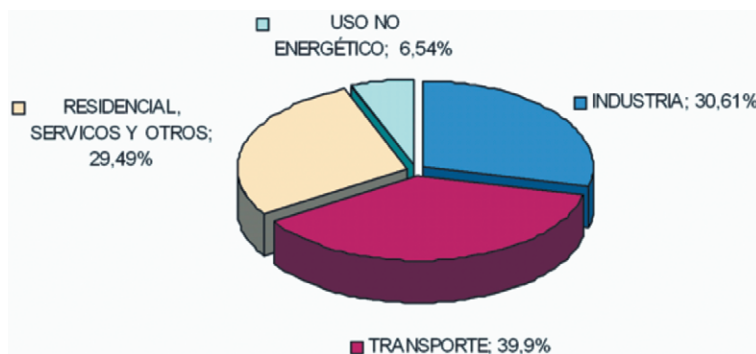
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Carbón	2.546	2.544	2.486	2.436	2.405	2.424	2.265	2.317	2.080	1.427	1.693
Productos petrolí- feros	55.587	57.255	57.642	60.082	61.689	61.780	60.919	61.826	59.595	55.387	54.526
Gas natural	12.319	13.208	14.175	15.601	16.720	18.119	16.430	17.779	17.256	15.183	16.967
Electricidad	16.308	17.292	17.801	19.040	19.914	20.867	21.540	22.122	22.253	21.008	21.391
Renovables	3.545	3.571	3.559	3.667	3.746	3.815	4.003	4.277	4.432	4.828	5.374
— Biomasa					3.428	3.480	3.689	3.721	3.649	3.551	3.695
— Biogás					28		63	70	26	29	34
— Biocarburantes					228	265	171	385	620	1.074	1.442
— Solar térmica					54	62	73	94	129	156	183
— Geotérmica					8	8	8	8	8	19	21
<b>TOTAL</b>	<b>90.305</b>	<b>93.870</b>	<b>95.663</b>	<b>100.826</b>	<b>104.474</b>	<b>107.005</b>	<b>105.157</b>	<b>108.321</b>	<b>105.616</b>	<b>97.833</b>	<b>99.951</b>

FUENTE: Balance Energético de la Comunidad de Madrid 2010. Fundación de la Energía - Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid; y La Energía en España, 2007. Secretaría de Estado de Energía del MITYC.



**Figura 4.4.** Evolución del consumo de energía final por sectores económicos en España - 2009. Fuente: Informe de Sostenibilidad en España.

El aumento del transporte por carretera, producido a partir de los años noventa, ha acentuado drásticamente el consumo de carburantes, que en tres décadas se ha visto casi triplicado. Esta circunstancia ha hecho que pase a ser el sector que más energía consume a nivel nacional, superando el año 2008 en 9,3 puntos al industrial, que tradicionalmente había sido el mayor consumidor.



**Figura 4.5.** Consumo de energía final por sectores económicos en España, 2008.

Hasta el año 2006, la demanda de energía ha ido aumentando por encima de la media de los países europeos y del PIB, con el consiguiente agravamiento de la dependencia energética nacional. Pero a partir del 2008, tan sólo las energías renovables mantienen su aumento en la demanda, consiguiendo crecer en 2009 más de un 10% respecto al año anterior, debido, en buena parte, al impulso que desde el propio gobierno se está dando a su empleo, cristalizado en el Plan de Fomento de las Energías Renovables en España 2000-2010 y en su revisión de 2005-2010.

Bien como fruto de las medidas tomadas hasta el momento para contener la evolución creciente del consumo de energía final, bien como consecuencia de factores coyunturales achacables a la situación económica del país y mundial, lo cierto es que, después del repunte del año 2007, se ha iniciado un descenso que en el 2010 ha supuesto una bajada del 7,8% respecto del 2007, alcanzándose niveles similares a los del 2003, año en el que se consumieron 100.826 ktep.

Otro dato positivo derivado de esta situación es que con el mix de energías empleadas desde el 2005, las emisiones de CO<sub>2</sub> por cada GWh de energía eléctrica producida se han reducido un 31% (Secretaría de Estado de la Energía).

Y, como resultado de los esperanzadores datos de los dos últimos años, y si se consigue mantener un ritmo a la baja en el consumo de energía final similar al actual, es posible que para el 2012 se logre alcanzar un nivel de consumo inferior a los 126.011 ktep que fija la Estrategia Española de Ahorro y Eficiencia Energética (E4) como límite para ese año.

## 2. Situación energética de la Comunidad de Madrid

El gasto de energía final de la Comunidad de Madrid también ha ido aumentando en los últimos años, alcanzándose en el 2010 los 11.050 ktep, cifra que representa el 11,1% del consumo nacional que asciende a 99.951 ktep.

Se ha producido un ligero incremento en el consumo de energía final respecto al año anterior, siendo éste de un 0,15%.

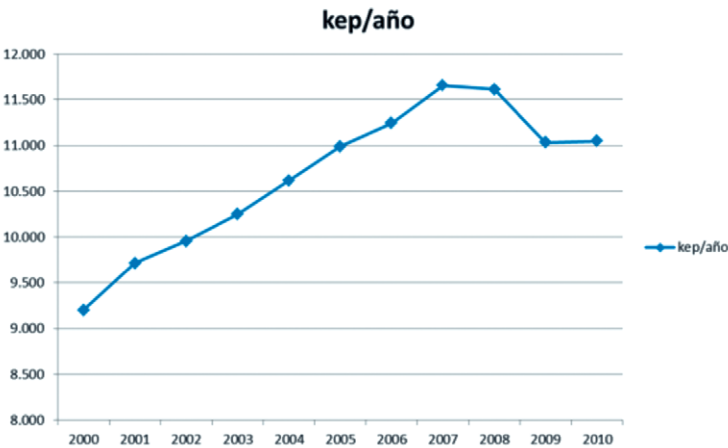
La energía producida en el año 2010 en la Comunidad de Madrid con recursos autóctonos (medida en uso final) fue de 191,5 ktep, es decir, aproximadamente un 1,73% del total de energía final consumida, y el 3,53% si se incluye la generación con origen en la cogeneración.

Aunque con una tendencia bastante constante y similar al resto del territorio, las particularidades socioeconómicas de la región influyen directamente en la estructuración sectorial del mercado energético, y en su balance final.

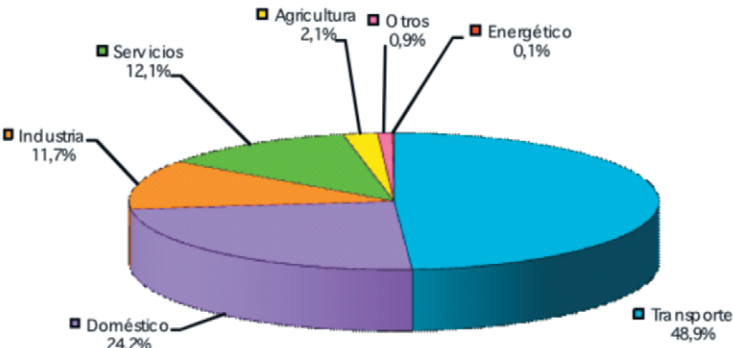
La Comunidad de Madrid se caracteriza por ser una región con una población superior a 6,4 millones de habitantes, con una alta densidad demográfica (13,7% del total de población nacional), un territorio bastante reducido (1,6% del total nacional), una importante actividad económica que aporta la sexta parte del PIB

nacional, el tercer PIB per cápita más alto de España (más de un 29% superior a la media española y superior a la media de los 27 países de la Unión Europea), y un escaso potencial de recursos energéticos.

Todas estas características la convierten en un caso único en el territorio nacional, en el que la energía se configura en un factor clave para el desarrollo en la Región, a pesar de su reducida producción autóctona y su alto consumo energético, que no ha cesado de crecer en los últimos años.



**Figura 4.6.** Evolución de la energía final en la Comunidad de Madrid.  
Fuente: Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012).



**Figura 4.7.** Consumo de energía final por sectores en la Comunidad de Madrid, 2010. Fuente: Balance Energético de la Comunidad de Madrid 2010.

Esta situación hace que las energías más demandadas sean los productos petrolíferos, la electricidad y el gas natural, con más del 98% del total consumido.



**Tabla 4.3.** Evolución del consumo de energía final en la Comunidad de Madrid (ktep).

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
P. Petrolíferos	5.962	6.213	6.250	6.313	6.366	6.520	6.603	6.814	6.673	6.243	6.112
Electricidad	1.871	1.978	2.055	2.182	2.288	2.401	2.493	2.552	2.633	2.577	2.539
Gas natural	1.208	1.357	1.464	1.548	1.758	1.847	1.929	2.073	2.087	2.023	2.192
Energía térmica	134	142	164	184	187	205	197	192	195	166	182
Carbón	26	24	23	21	20	20	19	18	17	15	14
Otros (biocarb.)	0	0	0	0	0	0	3	6	8	10	10
<b>Total</b>	<b>9.200</b>	<b>9.714</b>	<b>9.955</b>	<b>10.248</b>	<b>10.619</b>	<b>10.993</b>	<b>11.244</b>	<b>11.655</b>	<b>11.613</b>	<b>11.034</b>	<b>11.050</b>
Transporte	4.601	4.964	5.098	5.134	5.233	5.406	5.558	5.774	5.802	5.472	5.404
Doméstico	2.292	2.248	2.421	2.430	2.636	2.646	2.613	2.664	2.675	2.615	2.679
Industria	1.181	1.245	1.205	1.207	1.282	1.355	1.371	1.513	1.381	1.239	1.289
Servicios	868	956	861	920	1.060	1.144	1.212	1.217	1.313	1.340	1.335
Agricultura	153	189	265	423	285	314	351	351	307	258	233
Otros	95	103	96	125	113	101	109	115	124	103	99
Energético	10	8	8	9	9	26	30	20	10	8	10
<b>TOTAL (ktep)</b>	<b>9.200</b>	<b>9.714</b>	<b>9.955</b>	<b>10.248</b>	<b>10.619</b>	<b>10.993</b>	<b>11.244</b>	<b>11.655</b>	<b>11.613</b>	<b>11.034</b>	<b>11.050</b>

FUENTE: Balance Energético de la Comunidad de Madrid; 2010. Fundación de la Energía Consejería de Economía y Hacienda de la Comunidad de Madrid.

Tal y como se observa en la Tabla 4.3, al igual que en España, el aumento en el consumo energético total también se vio interrumpido durante el año 2009, con una bajada del 5%, respecto al año anterior y, como se puede observar, se ha producido una leve subida durante 2010.

En los últimos años destaca el auge del gas natural que, desde el año 2000, casi ha duplicado su consumo, pasando de un 13% a cerca del 20% de la energía demandada, mientras que el carbón en la Comunidad de Madrid ha pasado a ser una energía completamente marginal.

El transporte es el sector que más energía final demanda y el que absorbe la mayor parte de los derivados del petróleo gastados en la región. A éste le sigue el consumo doméstico con una tasa por encima del 24,2%, centrado básicamente en el gas natural con un incremento especialmente significativo a lo largo de la última década.

En el caso del sector servicios, aproximadamente el 87% del consumo corresponde a electricidad y el 11% a gas, siendo prácticamente despreciable el gasto de productos petrolíferos. En el resto de sectores (doméstico e industrial, fundamentalmente) el consumo se reparte más homogéneamente entre la electricidad, el gas y los combustibles.

Como ya se ha indicado, esta distribución energética dentro del contexto macroeconómico de la Comunidad de Madrid, la aparta sustancialmente de los indicadores que conforman el panorama energético del resto del territorio español y del conjunto comunitario, destacando los siguientes aspectos:

- ✱ Madrid obtiene un consumo medio por habitante y año de 1,71 tep/persona, inferior al español, con 2,1 tep/persona, y al conjunto de la Unión Europea que varía entre un 2,6-2,4 tep/persona.
- ✱ Como ya se comentó, Madrid produce tan sólo un 3,53% de la tasa de energía total que consume (1,73% si no se incluye la cogeneración de combustibles no renovables), frente al 23% que produce España, por lo que es una provincia obligada a importar la mayor parte de la energía para cubrir la demanda existente (Balance Energético del año 2010).
- ✱ La Comunidad de Madrid apenas dispone de fuentes primarias propias, a excepción de algunas instalaciones hidroeléctricas y pequeñas plantas relacionadas con energías renovables (energía solar, plantas eólicas, de recuperación de biomasa y cogeneración).
- ✱ En cuanto a emisiones de CO<sub>2</sub> energético, la Comunidad de Madrid presenta un valor de 6,1 t/persona, también inferior al nacional y al europeo con 7,2 t/persona y 8/8,3 t/persona respectivamente.

Estas circunstancias hacen que cobre más interés, si cabe, el vigente Plan Energético desarrollado por el Gobierno de la Comunidad de Madrid para el periodo 2004-2012, en el que se exponen las estrategias y líneas de actuación que son necesarias desarrollar para garantizar el suministro de la energía demandada bajo unas óptimas condiciones de calidad medioambiental, que aseguren las sostenibilidad energética de la región. Es por ello, que la incorporación de las energías renovables al mix energético final es también, junto al resto de actuaciones prioritarias, uno de los pilares básicos de la estrategia energética madrileña.

### 3. Consumo de energía en el sector industrial

#### a. El sector industrial en España

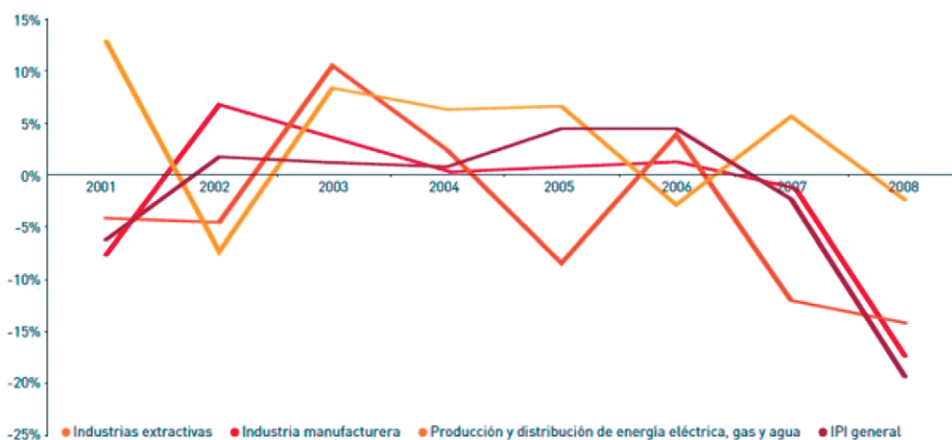
El análisis del sector industrial es una cuestión clave en los procesos de sostenibilidad por la importancia general que tiene en el desarrollo económico de un país, basándose en las presiones e impactos ambientales que lleva asociado. De ahí, su capacidad de aportar soluciones innovadoras y ecoeficientes (Sostenibilidad en España, 2009).

Además, dentro de los objetivos del presente estudio, también es importante conocer los cambios y tendencias en el consumo industrial de energías dado que tradicionalmente la minería y sus industrias derivadas han constituido y siguen constituyendo, aunque con cambios en su estructuración, una de las tres grandes ramas de la actividad industrial española: industrias extractivas, industrias manufactureras y de producción y distribución de energía eléctrica, gas y agua.

En el año 2008 la industria representaba el 17,3% del PIB nacional (Sostenibilidad en España 2009), con una disminución interanual del 14,1% en su actividad productiva general (IPI<sup>2</sup>). Como se aprecia en la Fig. 4.8, las industrias extractivas han tenido una evolución bastante variable a lo largo de la última década aunque con una clara tendencia a la baja pero inferior al resto de ramas de actividad y al IPI general.

---

<sup>2</sup> El Índice de Producción Industrial (IPI) mide la evolución mensual de la actividad productiva de las ramas industriales, es decir, de las industrias extractivas, manufactureras y de producción y distribución de energía eléctrica, agua y gas. Este indicador refleja la evolución conjunta de la cantidad y de la calidad, eliminando la influencia de los precios ([http://www.ine.es/prensa/ipi\\_prensa.htm](http://www.ine.es/prensa/ipi_prensa.htm)).



**Figura 4.8.** Evolución del Índice de Producción Industrial (IPI) por ramas de actividad industrial. Fuente: OSE a partir de INE, 2009.

El control del gasto energético por parte de las industrias españolas se inició a finales de los años ochenta y principios de los noventa, como consecuencia del efecto positivo de las medidas de ahorro, que ya comenzaron a ponerse en práctica en los años setenta, y a las mejoras en la eficiencia de los procesos industriales (Guía Práctica de la Energía. Consumo Eficiente y Responsable; 2007. IDAE).

A este respecto debe señalarse que, a partir del año 2008 la industria española, al igual que el resto de los sectores económicos, ha experimentado el efecto de la crisis que, a nivel global, está afectando a la mayoría de los países desarrollados; al disminuir la demanda, el número de industrias ha descendido destruyéndose puestos de trabajo.

Esta situación repercute y se refleja en una serie de indicadores que muestran la marcha del sector y la eficiencia en la industria española actual (ecoeficiencia):

- ✱ Desaceleración en el consumo de energía total. En el año 2008 el consumo permaneció prácticamente estable con respecto al del año anterior.
- ✱ Descenso acusado de las emisiones de CO<sub>2</sub>, COVNM y NO<sub>x</sub>, aunque aumentan las de SO<sub>2</sub>.
- ✱ Ligerio aumento de la generación de residuos: un 2,5% en los no peligrosos y un 1,4% en los peligrosos.
- ✱ Prosigue el crecimiento del VAB industrial<sup>3</sup>.

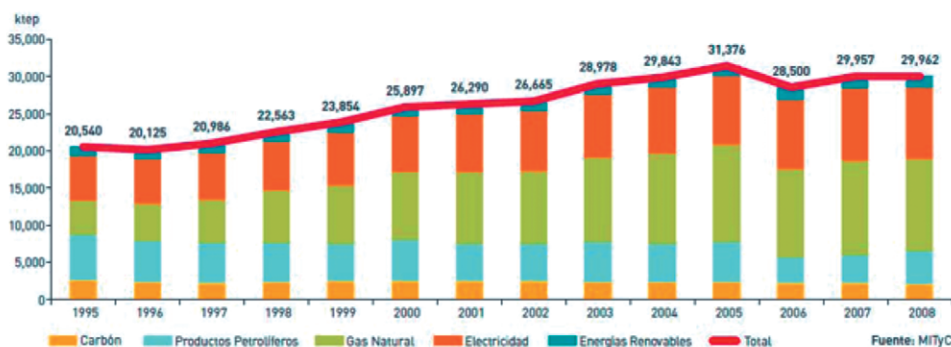
<sup>3</sup> VAB industrial. Se calcula como diferencia entre la producción y los consumos intermedios.

Las emisiones y los residuos derivados de la actividad industrial, todavía constituyen un obstáculo importante en la lucha por alcanzar la ecoeficiencia en la industria. La introducción de las mejores técnicas disponibles y la implantación de Sistemas de Gestión Ambiental (SGMA), constituyen las mejores herramientas para hacer que las industrias sean más eficientes y competitivas.

La Encuesta de Consumos Energéticos (ECE) clasifica la actividad industrial en 100 sectores y 13 agrupaciones, incluyendo la actividad minera y sus productos derivados dentro de las industrias extractivas y del petróleo y de los productos minerales no metálicos diversos que, a su vez, abarcan a los cementos, cales, vidrio, ladrillos y otros materiales de construcción.

En relación a los sectores con mayor consumo porcentual de energías, la minería está representada básicamente por las actividades relacionadas con productos minerales no metálicos, fabricación de cemento, cal y yeso, y de elementos de hormigón, yeso y cemento, y con la extracción de carbón y minerales no energéticos.

Según el Banco Público de Indicadores Ambientales del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, las fuentes energéticas que consumen las empresas industriales actualmente, son, por este orden, gas natural, electricidad, productos petrolíferos, carbón y energías renovables, Fig. 4.9.



**Figura 4.9.** Consumo de energía final en la industria

Fuente: Perfil Ambiental de España 2009.

Mientras que el consumo de productos petrolíferos en el sector industrial ha ido decreciendo paulatinamente desde 1995, la electricidad y, especialmente, el gas, debido fundamentalmente a su empleo en las centrales de ciclos combinados para obtener electricidad, han incrementando su participación en el consumo junto con las energías renovables que, poco a poco, van aumentando su cuota de mercado. El carbón mantiene una tasa bastante estable.

Según la última encuesta de consumos energéticos en la industria realizada el año 2007 (Instituto Nacional de Estadística; 2009. ECE 2007), el consumo energético total alcanzó los 10.980 M€, abarcando casi la mitad del gasto la electricidad con un 48,3%, seguida por el gas con un 27,8% y los productos petrolíferos que ascienden a un 17,5%.

**Tabla 4.4.** Distribución porcentual por tipos de energía y agrupaciones de actividad, 2007.

Agrupaciones de actividad	Carbón y derivados (%)	Productos petrolíferos (%)	Gas (%)	Electricidad (%)	Otros consumos energéticos (%)	Total consumos energéticos
<b>Total industria extractiva y manufacturera</b>	<b>2,7</b>	<b>17,5</b>	<b>27,8</b>	<b>48,3</b>	<b>3,7</b>	<b>10 980 004</b>
Industrias extractivas y del petróleo	1,2	37,6	11,9	47,0	2,3	658.915
Alimentación, bebidas y tabaco	0,3	24,4	23,8	48,8	2,7	1.496.022
Industria textil, confección, cuero y calzado	0,0	13,7	27,7	55,4	3,2	300.238
Madera y corcho	0,0	26,6	11,5	57,6	4,3	202.255
Papel, edición, artes gráficas	0,1	8,5	37,9	46,5	7,0	902.072
Industria química	1,2	10,9	43,5	37,4	7,1	1.528.876
Caucho y materias plásticas	0,0	6,9	12,2	76,7	4,1	471.765
Productos minerales no metálicos diversos	9,8	19,9	36,5	31,7	2,2	2.325.319
Metalurgia y fabricación de prod. metálicos	1,5	13,1	21,5	60,5	3,4	2.032.129
Maquinaria y equipo mecánico	0,2	26,5	14,6	56,8	1,9	202.557
Material y equipo eléctrico, electrónico y óptico	0,0	17,2	9,3	72,3	1,2	201.980
Material de transporte	0,0	14,7	20,1	61,7	3,5	487.778
Industrias manufactureras diversas	3,8	31,2	6,0	57,9	1,2	170.097

FUENTE: Notas de Prensa en: [www.ine.es/prensa/prensa.htm](http://www.ine.es/prensa/prensa.htm).

Las agrupaciones de actividad industrial de mayor consumo energético en el año 2007 correspondieron a los productos minerales no metálicos diversos, con más del 21% del total, seguidos por las industrias de metalurgia y fabricación de productos metálicos con el 18,5%, la industria química con el 13,9% y la de alimentación, bebidas y tabaco con el 13,6%. Las industrias extractivas y del petróleo que consumen un 6% del total, ocupan el sexto lugar del ranking, por detrás del papel, edición y artes gráficas.

Respecto a la utilización de los diferentes tipos de combustible por los principales sectores industriales relacionados con la minería y sus derivados, destacan los siguientes resultados de la ECE de 2007:

- ✱ Los consumos energéticos suponen un 2,3% sobre el total de gastos de explotación para el conjunto de empresas con 20 o más personas ocupadas. Destacan la agrupación de productos minerales no metálicos, en la que llega a suponer un 7,5% y la de papel, edición, artes gráficas y reproducción de soportes grabados con un 3,7%.
- ✱ Dentro de que el carbón es un tipo de combustible actualmente bastante marginal, las actividades que mayoritariamente lo consumen son la elabo-

ración de cemento, yeso y cal donde representó el 34,4% del total, y la extracción y aglomeración de los distintos tipos de carbón mineral (antracita, hulla, lignito y turba) con un gasto del 8,3%.

- ✳ Los sectores que más productos petrolíferos emplean, destacando el gasoil con una demanda del 56%, también están relacionados con la minería y, en concreto, con la fabricación de elementos de hormigón, yeso y cemento (67,9%), y con la extracción de minerales energéticos.
- ✳ La utilización de gas natural y manufacturado fue significativa en el sector de los productos minerales no metálicos diversos (46,8%).
- ✳ El consumo de electricidad y de otro tipo de recurso energéticos no fue representativo en el sector minero.

Por autonomías, Cataluña, Valencia, Andalucía y País Vasco son las comunidades que tienen un consumo mayor de energía, ocupando Madrid el puesto número siete, con un gasto del 6,34% del total consumido en España, Tabla 4.5. Por el contrario, las Islas Baleares y La Rioja son las que menos energía consumen. Cada vez son más las comunidades en las que el gasto principal es la electricidad, siendo actualmente en ocho (Asturias, Cataluña, Galicia, Madrid, Murcia, Navarra, País Vasco y La Rioja), en donde más del 50% del mismo corresponde a este tipo de energía.

## **b. El consumo energético de las industrias de la Comunidad de Madrid**

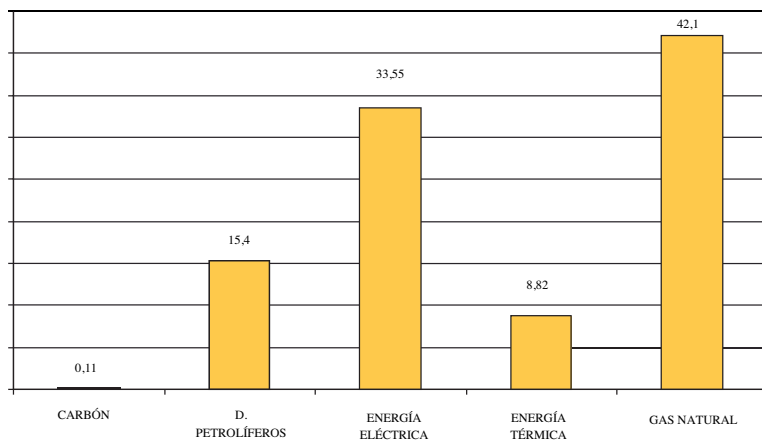
El sector industrial madrileño absorbe el 11,7% de la energía que se consume en la Comunidad, concretamente 1,3 Mtep, Tabla 4.3, siendo el grado de autoabastecimiento relativo al disponer de tan sólo un 12,7% (165,3 ktep) de fuentes de energía primaria, teniendo, por tanto, una elevada dependencia exterior, aunque comparativamente inferior al resto nacional, como ya se ha indicado.

Tal y como se representa en la Fig. 4.10, las empresas industriales se proveen mayoritariamente de gas natural y electricidad (75,7%), y en menor medida de derivados del petróleo (15,40%), siendo el consumo de energía térmica y especialmente de carbón, de carácter residual.

**Tabla 4.5.** Distribución porcentual por tipos de energía y Comunidades Autónomas, 2007.

Comunidades autónomas	Carbón y derivados (%)	Productos petrolíferos (%)	Gas (%)	Electricidad (%)	Otros consumos energéticos (%)	Total consumos energéticos (miles de €)
<b>Total nacional</b>	2,7	17,5	27,8	48,3	3,7	10.980.004
Andalucía	2,9	21,6	24,7	45,6	5,1	1.228.432
Aragón	1,8	15,0	41,8	39,3	2,1	565.628
Asturias (Principado de)	6,2	13,4	18,9	53,9	7,7	463.371
Baleares (Illes)	8,9	25,4	20,1	42,1	3,5	47.448
Canarias	2,6	37,5	8,7	48,6	2,6	107.556
Cantabria	4,6	12,3	26,5	49,3	7,2	232.312
Castilla y León	2,4	21,3	25,7	46,3	4,3	732.764
Castilla-La Mancha	2,4	23,1	30,7	41,2	2,6	593.869
Cataluña	3,3	13,1	28,2	51,7	3,7	2.168.571
Comunitat Valenciana	2,2	12,9	44,3	38,3	2,3	1.433.959
Extremadura	2,6	24,3	22,5	49,7	0,9	124.030
Galicia	1,3	35,6	9,4	50,7	3,1	772.233
Madrid (Comunidad de)	2,3	20,3	21,5	51,9	4,0	695.922
Murcia (Región de)	1,0	26,5	17,1	54,0	1,4	264.823
Navarra (Comunidad Foral de)	2,8	14,3	28,4	52,9	1,5	325.083
País Vasco	2,1	7,5	27,9	57,6	4,9	1.129.918
Rioja (La)	2,0	23,6	21,5	51,0	1,8	94.083

Fuente: Notas de Prensa en: [www.ine.es/prensa/prensa.htm](http://www.ine.es/prensa/prensa.htm).



**Figura 4.10.** Estructura del consumo energético de la industria madrileña, 2009  
Fuente: Balance energético de la Comunidad de Madrid 2009.

El sector industrial madrileño se caracteriza por el predominio de pequeñas y medianas empresas transformadoras y de servicios, frente a grandes y primarias que, en general, son las que más energía consumen. Así, según diferentes estudios de mercado consultados, por orden creciente de consumo energético, las actividades industriales se pueden clasificar de la siguiente forma:



- ✱ Los productos minerales no metálicos agrupan las industrias más consumidoras, siendo el gas natural y el fuelóleo los recursos más demandados.
- ✱ Le siguen las empresas de transformados metálicos, en las que la electricidad es la fuente más demandada, seguida, pero con una gran diferencia de casi el 50%, por el gas natural y el gasóleo C a mayor distancia todavía.
- ✱ Los pequeños establecimientos de alimentación, bebida y tabaco también concentran su gasto energético en el gas y la electricidad.
- ✱ Los productos minerales energéticos comparten casi a partes iguales el gasto en electricidad y gas.
- ✱ Y, finalmente, el resto de las industrias madrileñas siguen centrando su consumo en la electricidad, el gas y el fuelóleo.

Esta situación implica, como se desprende de la Tabla 4.5, que casi el 94% del coste energético de las industrias madrileñas (696 M€) se invierte en el suministro de electricidad y gas y en la compra de combustibles y carburantes.

El coste energético representa uno de los capítulos más relevantes del total de los restantes costes de producción industrial.

## 4. Actuaciones institucionales en ahorro y eficiencia energética en el sector industrial madrileño

La importancia estratégica de la actividad industrial para el desarrollo económico de la región y, por otro lado, su significativa contribución al deterioro ambiental (consumo de recursos no renovables, contaminación edáfica e hídrica, emisiones atmosféricas, vertidos, generación de residuos, etc.), hace necesario implementar mecanismos de mejora integral en el sector, a pesar de que el consumo energético final apenas representa el 4,34% de la consumida a nivel nacional y de que la industria madrileña tiene unas dimensiones bastante limitadas, al no contar con instalaciones especialmente grandes y consumidoras de energía.

No hay industria pesada como la metalurgia, las químicas, la de los minerales metálicos, etc., concentrando su actividad, como ya se ha indicado, en el transporte, el comercio, los servicios y el uso doméstico, principalmente.

Entre otras acciones previstas en el Plan Energético de la Comunidad de Madrid 2004-2012, destacan las relativas a potenciar el ahorro y la eficiencia energética ya que, casi inevitablemente, cualquier cadena productiva necesita consumir una o varias fuentes de energía para su funcionamiento.

Para conseguir el objetivo general de reducción de un 10% en el consumo energético en 2012, el Plan había establecido dos niveles de actuación en relación al ahorro y la eficiencia energética, uno comprendía las acciones de carácter horizontal comunes al conjunto de los sectores económicos y otro era específico para cada uno de los mismos.

Las actuaciones más institucionales y generales se centraban en:

- ✱ Alcanzar acuerdos con los Ayuntamientos en temas energéticos y en la ejecución de programas municipales subvencionados por el Plan, como es la sustitución del alumbrado público, el fomento de uso de energías renovables, etc.
- ✱ Potenciación del Centro de Ahorro y Eficiencia Energética de Madrid, actual Fundación de la Energía (FENERCOM). Es una institución en la que participan asociaciones y empresas del sector energético junto con la administración autonómica, desde donde se desarrolla una importante labor de difusión y concienciación mediante campañas informativas, la edición de guías técnicas y organización de jornadas, así como la integración de las actuaciones energéticas de la Comunidad en el marco europeo.
- ✱ Dicha Fundación tiene como objetivos fundamentales fomentar, impulsar y realizar iniciativas y programas de actuación para investigar, estudiar y apoyar actuaciones de conocimiento, desarrollo y aplicación de las tecnologías energéticas. También persigue una mejora del ahorro y la eficiencia energética, el fomento del uso racional de la energía y, en general, la óptima gestión de los recursos energéticos.
- ✱ Desarrollo de normativa energética específica como apoyo técnico en los diversos campos y aplicaciones energéticas desarrolladas por el Plan.
- ✱ Fomento de la formación en temas energéticos, mediante la impartición de cursos, seminarios, etc.
- ✱ Difusión pública (campañas publicitarias, carteles, folletos, etc.) y concienciación para promover el ahorro energético.

Las medidas de acción específicas dentro del Plan Energético para el sector industrial madrileño fueron:

- ✱ Aprovechar las facilidades que proporcionan la ubicación de algunas industrias en polígonos industriales (aunque no para el caso de las explotaciones mineras), para montar servicios comunes y servicios centralizados de tipo energético, incluida la cogeneración.
- ✱ Fomentar las auditorías energéticas en todas las facetas de los procesos industriales, edificios, instalaciones, equipos, servicios auxiliares, etc.
- ✱ Puesta en marcha de un Plan Renove para renovación de maquinaria industrial con tecnologías más modernas y eficaces.



**Figura 4.11.** Logo institucional de la Campaña «Madrid Fabrica Ahorrando Energía».

- ✱ Realización de auditorías energéticas.
- ✱ Publicaciones
  - «Manual de Buenas Prácticas Energéticas en las Empresas Madrileñas».
  - «Guía de Ahorro Energético en Instalaciones Industriales».
- ✱ Celebración de jornadas destinadas al sector, destacando algunas específicas como:
  - Jornada sobre maquinaria eficiente de movimiento de tierras (Obra Civil y Minería) (2011).
  - Jornada sobre Cogeneración (2011).
  - Jornada sobre redes inteligentes de energía y comunicación (2010).

- Jornada sobre Auditorías Energéticas en el Sector Industrial (2009).
- Auditorías Energéticas (2008).
- Energía Solar Fotovoltaica en el Entorno Industrial de la Comunidad de Madrid (2008).
- Cogeneración en la Comunidad de Madrid (2008).

El programa de ayudas al ahorro y la eficiencia energética de la Comunidad de Madrid, suscrito a través del convenio de colaboración existente desde el año 2008 entre el IDAE y la Consejería de Economía y Hacienda, se concretan en una serie de programas y planes renove promovidos por la Dirección General de Industria, Energía y Minas, Tabla 4.6.

**Tabla 4.6.** Ayudas para ahorro y eficiencia energética.

PROGRAMA DE AYUDA	AÑO
<b>Programa Ahorro y Eficiencia Energética</b>	
Plan Renove de Ventanas	2008
	2009
	2010
	2011
Plan Renove de Electrodomésticos	2006
	2007
	2008
	2009
	2010
	2011
Plan Renove Aparatos Domésticos de Gas	2007
	2008
	2009
Plan Renove de Calderas Individuales	2010
	2011
Plan Renove de Calderas de Carbón	2008
	2009
Plan Renove de Salas de Calderas	2010
	2011
Plan Renove Instalaciones Eléctricas Comunes en Edificios de Viviendas	2007
	2008

PROGRAMA DE AYUDA	AÑO
Programa Ahorro y Eficiencia Energética	
Plan Renove Maquinaria Industrial	2007
	2008
	2009
	2010
	2011
Plan Renove de Ascensores	2009
	2010
	2011
Plan Renove de Alumbrado Exterior	2011
Plan de Instalación de Detectores de Presencia	2011
Plan Renove de Aire Acondicionado	2011
Plan de Fomento de la Cogeneración	2011
Plan Renove de Calderas Industriales	2011

FUENTE: PROGRAMAS DE FOMENTO DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA COMUNIDAD DE MADRID.

Para los sectores industriales, estas ayudas se han centrado en la subvención parcial de determinadas actuaciones previamente solicitadas:

- ✱ 50% de la inversión subvencionable para auditorías energéticas.
- ✱ 22% del coste elegible para la sustitución de equipos e instalaciones industriales de proceso de grandes empresas.
- ✱ 30% del coste elegible, también en grandes empresas, para la sustitución de equipos auxiliares transformadores de energía.

## El sector minero en el ámbito de la Comunidad de Madrid

Según la Estadística Minera Anual (Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio), el año 2009 la Comunidad de Madrid ocupaba el noveno puesto de dieciocho, en cuanto al valor de la producción minera vendible, con cerca de 169 M€ de los 3.549,6 M€ totales. Respecto a años anteriores y en el conjunto territorial, la actividad minera madrileña ha descendido dos puestos pasando de un 5,9% sobre el valor total el año 2006, a un 4,8% el 2009.



**Figura 5.1.** Distribución por comunidades autónomas del valor de la producción minera. Fuente: Estadística Minera 2009

Al igual que en el resto del ámbito nacional, en los últimos años, la minería en Madrid ha sufrido una importante desaceleración, que se ha visto reflejada, tanto en el descenso del número de explotaciones activas, como en la pérdida de producción, la cual se cifra en un 34,5% del total vendible en España (Tabla 5.1.).

**Tabla 5.1.** Evolución del sector minero en la Comunidad de Madrid (Periodo 2006-2009).

	2006		2007		2008		2009	
	N.º Explotaciones	Producción vendible (M€)	N.º Explotaciones	Producción vendible (M€)	N.º Explotaciones	Producción VENDIBLE (M€)	N.º Explotaciones	Producción vendible (M€)
PRODUCTOS DE CANTERA*	86	152,14	81	145,52	73	96,59	71	70,91
ROCAS ORNAMENTALES	18	12,01	16	15,05	14	10,23	10	6,44
MINERALES INDUSTRIALES	7	93,48	6	96,1	7	101,38	5	91,49
TOTAL	111	257,63	103	256,66	94	208,2	86	168,83

\* Además de las explotaciones de caliza, gravas y arenas, en este grupo se incluyen las arcillas comunes y el yeso.

FUENTE: Estadísticas Mineras. Secretaría de Estado de Energía del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

La superficie ocupada por las explotaciones mineras es muy escasa en el ámbito madrileño; según datos del año 2007, la actividad minera ha supuesto la alteración de 2.867 ha, cifra que en porcentaje se corresponde con tan solo el 0,36% de los 8.021,80 km<sup>2</sup> que abarca la Comunidad de Madrid, estando, a su vez, ya restauradas 1.945 ha, es decir, el 67,8% del área total afectada.

Este mismo año, la Comunidad de Madrid disponía de más de 36 M€ en avales exigidos y depositados para hacer frente a los trabajos de restauración.

Aunque tradicionalmente los productos de cantera han constituido las explotaciones mineras más numerosas y productivas, en la actualidad son los minerales industriales el sector más representativo de la minería de la Región por su repercusión nacional e internacional.

Así, las explotaciones activas de minerales industriales representan más del 54% del valor de la producción vendible nacional, cobrando especial relevancia la sepiolita entre las arcillas especiales, y la glauberita para la producción de sulfato sódico, ya que Madrid también cuenta con una de las cuatro únicas explotaciones existentes en Europa.

Respecto al valor unitario de la producción vendible, las explotaciones de minerales industriales son los que alcanzan el mayor índice con más de un 16 M€ por explotación activa, seguidas de las canteras y graveras con 1,8 M€ por establecimiento. En cuanto a las canteras de roca ornamental, su producción vendible unitaria es de 0,94 M€.





## Explotaciones minerales industriales en la Comunidad de Madrid

La Tabla 6.1 refleja la situación de la Comunidad de Madrid en relación con la explotación de minerales industriales según la última memoria de actividades editada por la Dirección General de Industria, Energía y Minas el año 2007.

En dicha Tabla se observa que la producción anual de las explotaciones es de casi 3 millones de toneladas, con un valor superior a los 9 millones de euros.

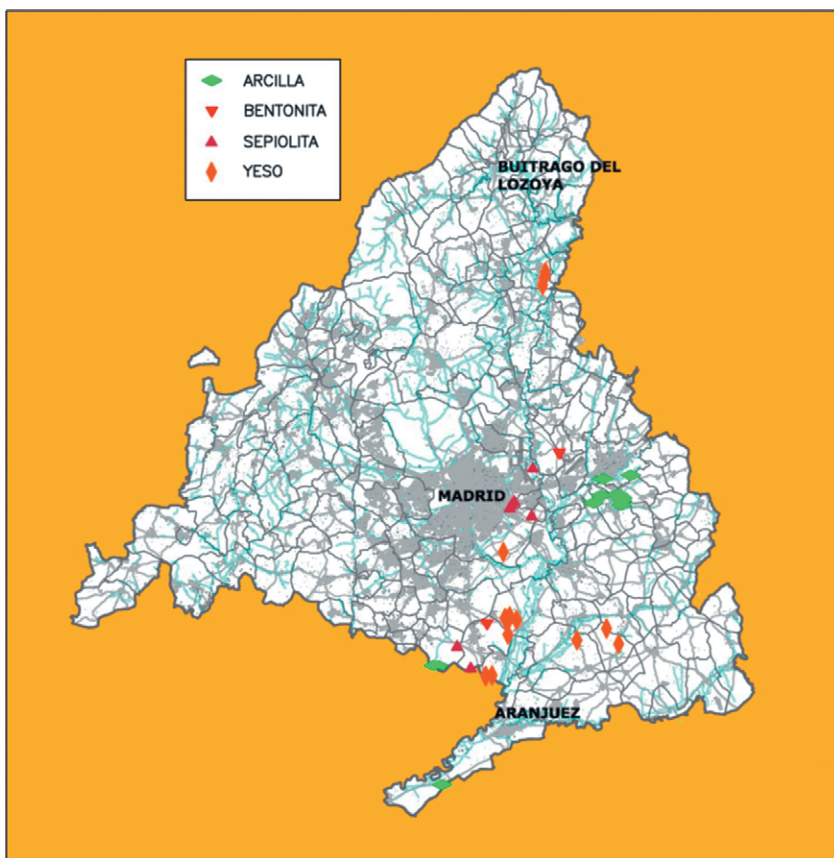
**Tabla 6.1.** Resumen de la actividad minera durante el año 2007.

Sustancia	Explotaciones en producción (N.º)	Valor producción (€)	Producción (t)
ARCILLAS	7	850.476	939.936
SEPIOLITA-BENTONITA	10	4.478.147	571.871
YESOS	12	4.285.611	1.702.746
TOTAL	29	9.614.234	3.214.553

FUENTE: Memoria Anual; 2007. Dirección General de Industria, Energía y Minas. Consejería de Economía e Innovación Tecnológica y Planes de Labores 2006-2007.

Según datos del 2007 revisados con los Planes de Labores de 2006 y 2007, en la Comunidad de Madrid hay veintinueve explotaciones activas de minerales industriales, si bien, en la actualidad, dicha cifra ha disminuido dada la tendencia general de la actividad extractiva en la provincia (Tabla 6.1).

Dichas explotaciones se distribuyen entre las zonas centro, sur y oriental de la Comunidad, siendo los principales centros de extracción los que se indican en la Figura 6.1.



**Figura 6.1.** Distribución geográfica de las áreas productoras de minerales industriales en Madrid. Fuente: Plan Director de la Minería de la Comunidad de Madrid; 2002.

## 1. Arcillas comunes

Tal y como se observa en la Figura 6.1, están situadas en el sector centroeste de la provincia, en los Términos municipales de Loeches, Torres de la Alameda, Madrid, Villalbilla y Alcalá de Henares, con una sola explotación activa en el sector sur, dentro del municipio de Aranjuez.

El consumo de las arcillas se ha centrado en las fábricas de cerámica estructural y en la fabricación de cemento.

**Tabla 6.2.** Evolución de la producción y del número de explotaciones en el periodo 1970-2007.

	PRODUCCIÓN (t/año)	N.º EXPLOTACIONES
1950-1970	170.000	40
1970-1980	1.000.000	39
1980-1990	363.270	13
1990-2000	422.273	9
2006-2007	939.936	7

Se observa que la producción máxima se produce en el periodo 1970-1980 con un segundo pico en el periodo 2000-2007 ligado a la expansión de la construcción. Produciéndose un permanente aumento del tamaño de las explotaciones, a la vez que disminuye el número de éstas.

## 2. Arcillas especiales: Sepiolita y Bentonita

Los yacimientos de estos dos tipos de arcillas especiales se encuentran muy próximos y algunas veces se extraen conjuntamente. La mayoría están situados en la zona de Vicálvaro, Vallecas y Barajas, en el sector sureste de la Comunidad.

La Comunidad de Madrid posee el 80% de las reservas mundiales de sepiolita, además de ser la mayor productora a nivel internacional. Es la principal provincia explotadora de arcillas especiales, obteniéndose más del 56% de la producción nacional (superior a 840 kt).

El interés de estas arcillas radica básicamente en su amplia aplicación industrial, debido a la capacidad de absorción y propiedades coloidales que presentan.

Las principales aplicaciones de este tipo de arcillas:

✱ Lechos animales domésticos:	10%
✱ Alimentación animal:	32%
✱ Suelos:	21%
✱ Filtros, decolorantes, clarificantes:	11%
✱ Pesticidas:	11%
✱ Industria papel:	5%
✱ Varios:	11%

**Tabla 6.3.** Evolución de la producción anual en el periodo 1970-2006.

	PRODUCCIÓN (t/año)
1970-1980	48.333
1980-1990	332.000
1999-2000	528.333
2006-2007	660.538

Como se observa, ha habido un fuerte incremento en el periodo 1970-1990, manteniendo hasta la fecha un incremento de la producción basado en la exportación.

### 3. Yesos

Las explotaciones con producción de yesos en la Comunidad de Madrid se explotan en dos zonas de extracción, una situada al norte, en el Término Municipal de Torrelaguna, y la otra y principal, en el sector sureste de la Comunidad, en la cuenca miocena a lo largo del eje de río Jarama.

La producción de yeso en Madrid representa el 15% de la producción nacional (12,5 Mt), solo superada por Andalucía, con un 35,8% de la cuota nacional.

Las aplicaciones del yeso en Madrid son fundamentalmente, además de en la construcción, para la fabricación de placas yeso-celulosa, escayolas y cemento.

**Tabla 6.4.** Evolución de la producción y del número de explotaciones en el periodo 1970-2007.

	PRODUCCIÓN (t/año)	N.º EXPLOTACIONES
1970-1980	480.000	20
1980-1990	603.600	16
1990-2000	659.333	14
2006-2007	1.652.549	8

Se constata un aumento de la producción anual y un aumento del tamaño de las explotaciones especialmente en el periodo 2000-2007 debido a la introducción en el mercado de las placas de yeso-cartón (pladur) y al fuerte desarrollo de la construcción en dicho periodo.

## 1. Consumo de energía

El consumo energético total en una explotación de minerales industriales es la suma de los consumos específicos en las diferentes operaciones que constituyen el ciclo básico de producción expresado como la suma de los tres consumos siguientes:

- ✱ Consumo de gasoil.
- ✱ Consumo de explosivo.
- ✱ Consumo de energía eléctrica en la planta.

A su vez, el consumo de gasoil se distribuye en los siguientes conceptos:

- ✱ Perforación.
- ✱ Taqueo de bolos.
- ✱ Carga del escombros.
- ✱ Transporte del frente a planta, incluyendo mantenimiento de pistas.
- ✱ Manipulación.

Como ya se ha indicado, el estudio diagnóstico se ha centrado en tres minerales industriales: sepiolita-bentonita, arcillas y yesos.

En el caso de los dos primeros solo se estudia el consumo de gas oil que comprende el arranque y carga, el transporte a planta y la manipulación. En el caso de los yesos además del gas oil se incluye el consumo de explosivo y el de energía eléctrica en planta.

El estudio se ha realizado a partir de la información reseñada en los Planes de Labores sobre consumos de energía, instalaciones y medios disponibles en

las explotaciones de sepiolita-bentonita, arcilla y yeso de la Comunidad de Madrid.

El estudio realizado sobre explotaciones de áridos en noviembre de 2010 determinó que el consumo de gas oil empeoraba muy ligeramente con el nivel de producción mientras que el consumo de explosivos mejoraba también muy ligeramente con el aumento de producción.

El consumo de energía eléctrica disminuía con la producción hasta alcanzar un mínimo.

## 2. Eficiencia energética

Conceptualmente, la eficiencia energética es la relación entre la cantidad de energía consumida y los productos y servicios finales obtenidos.

A partir de los consumos y costes de energía se puede definir unos índices de eficiencia energética.

El primero índice ligado al consumo energético tendría la siguiente expresión:

$$IE = K1 \times CGO + K2 \times CEX + CEE$$

Donde:

IE: Eficiencia energética (kWh/t)

CGO: Consumo de gasoil (l/t)

CEX: Consumo de explosivo (kg/t)

CEE: Consumo energía eléctrica (kWh/t)

K1, K2: Constantes de eficiencia energética

Las constantes de eficiencia energética valen:

K1: 10,6 (kWh/l)

K2 Goma: 1,148 (kWh/kg)

K2 Nagolita: 1,092 (kWh/kg)

El segundo índice ligado al coste energético tendría la siguiente expresión:

$$IE = K1 \times CGO + K2 \times CEX + K3 \times CEE$$

Donde:

IE: Eficiencia energética (kWh/t)

CGO: Coste de gasoil (l/t)

CEX: Coste de explosivo (kg/t)

CEE: Coste de energía eléctrica (kWh/t)

K1,K2,K3: Constantes de eficiencia energética

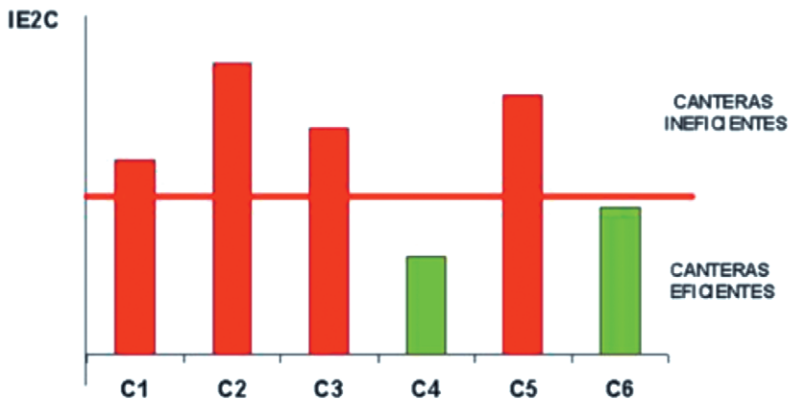
Los valores medios obtenidos fueron los siguientes:

K1: 0,53

K2: 0,22

K3: 0,25

Una vez calculado el IE de una determinada explotación, el resultado obtenido se compara con el correspondiente IE de referencia, según el mineral de que se trate en cada caso, para determinar el grado de eficiencia o ineficiencia de la cantera en estudio (Figura 7.1).



**Figura 7.1.** Índice de eficiencia energética en canteras.

Fuente: Jornadas sobre eficiencia energética en el sector de los áridos.  
Cátedra ANEFA. Carlos López Jimeno. Febrero 2010.





# Diagnosis sobre la eficiencia energética de las explotaciones de minerales industriales

Para conocer la eficiencia del sector de los minerales industriales en la Comunidad de Madrid, se ha realizado un Estudio sobre 21 Explotaciones de sepiolita-bentonita, arcillas y yesos.

Los datos para el estudio se han obtenido de los Planes de Labores, en los que se han considerado las producciones y los consumos de los años 2006, 2007 y 2008.

Para cada una de ellas se ha calculado el índice de eficiencia energética (IE) específico de cada explotación, así como los consumos específicos de gas oil, explosivo y energía.

## 1. Arcillas comunes

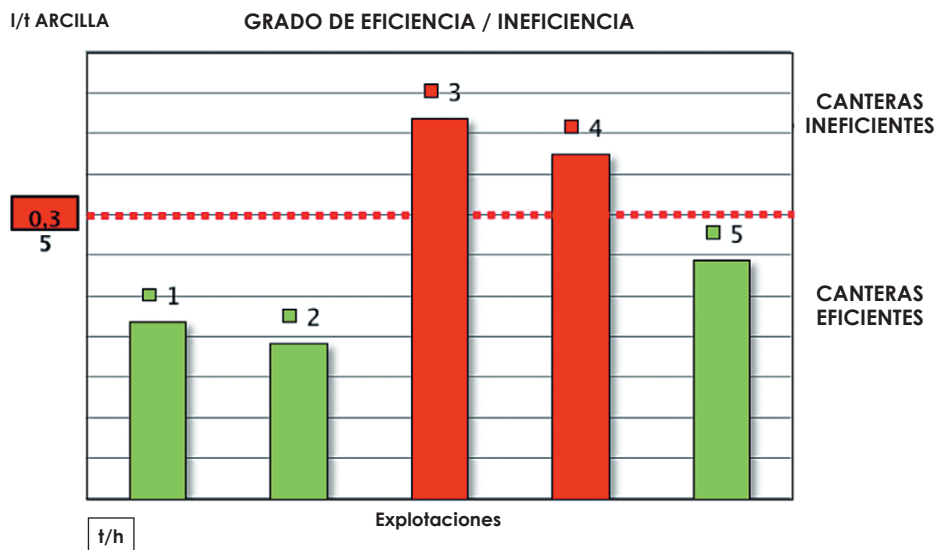
Para el estudio sobre eficiencia energética se han seleccionado 7 explotaciones que representan el 71% de las mismas y un 78% de la producción.

En las explotaciones de arcilla se emplean retroexcavadoras de 40-50 t para el arranque, palas de ruedas de 25 t para la manipulación y carga, y volquetes convencionales de tres ejes para el transporte.

Se emplean tractores de orugas de 25-40 t en labores de restauración.

Se han obtenido los siguientes datos:

- ✱ Como ya se ha indicado en epígrafes anteriores, el grado de eficiencia en este tipo de explotaciones se ha basado en el consumo de gas oil, empleado en el arranque, carga y transporte.
- ✱ De los resultados obtenidos y reflejados en la Figura 8.1, se observan explotaciones ineficientes en producciones medias y muy eficientes en explotaciones pequeñas y medias.



**Figura 8.1.** Índice de eficiencia energética en relación al consumo de combustible

## 2. Sepiolita - Bentonita

Se han seleccionado 4 explotaciones, que representan al 50% y a un 65% de la producción

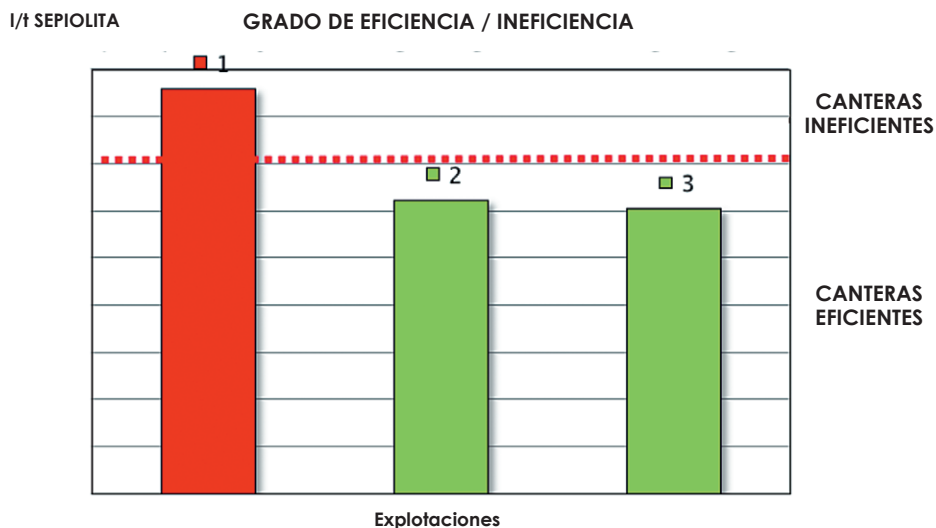
Las explotaciones de sepiolita y/o bentonita se desarrollan mediante el método de transferencia, desmontando en primer lugar el horizonte fértil que se apila y emplea en las labores de restauración y en segundo lugar el horizonte estéril que se vierte en los huecos ya explotados.

Se constata el aumento del ratio  $m^3/t$  en el tiempo, es decir se explotan gradualmente yacimientos con mayor recubrimiento.

En las explotaciones estudiadas, como máquinas de arranque se emplean retroexcavadoras comprendidas entre 50-60 t y volquetes mineros rígidos de 35-50 t.

Para la carga se emplean palas de ruedas de 35 t, y bulldozer en las labores de restauración de 50 t.

En las explotaciones estudiadas se han obtenido los siguientes datos de consumo específico de gas oil en función de la producción horaria.



**Figura 8.2.** Índice de eficiencia energética en relación al consumo de combustible

Las explotaciones de menor producción son más ineficientes que las de alta producción, debido probablemente a la mejor supervisión.

Habría que limitar el empleo de palas de ruedas a favor de las retroexcavadoras de mayor eficiencia.

### 3. Yesos

Se han estudiado 6 explotaciones que representan el 86% con un 93% de la producción.

Las operaciones que comprende el ciclo productivo de las explotaciones de yeso comprenden perforación y voladura, carga y transporte, y trituración y clasificación en planta.

La perforación tiene un diámetro medio de 89 mm y se hace con martillo en cabeza y con martillo en fondo, e incluso con perforación rotativa.

Se emplea goma como carga de fondo y nagolita en columna.

Para la carga se utilizan palas de ruedas de 25-35 t y camiones de tres ejes, bañeras e incluso volquetes articulados de 25 t.

Las plantas tienen machacadora de mandíbulas como triturador primario y molino de impactos como secundario. En las plantas se produce un 25 % de estéril arcilloso que se devuelve a las zonas explotadas para su restauración.

Los datos obtenidos para los distintos consumos de explosivos, gas oil y energía eléctrica en la planta, se exponen en las figuras siguientes.

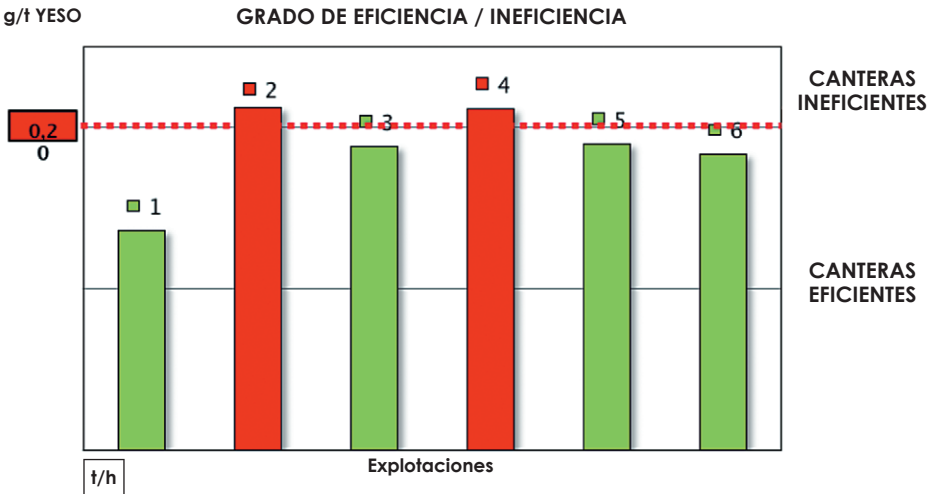


Figura 8.3. Índice de eficiencia energética en relación al consumo de explosivos.

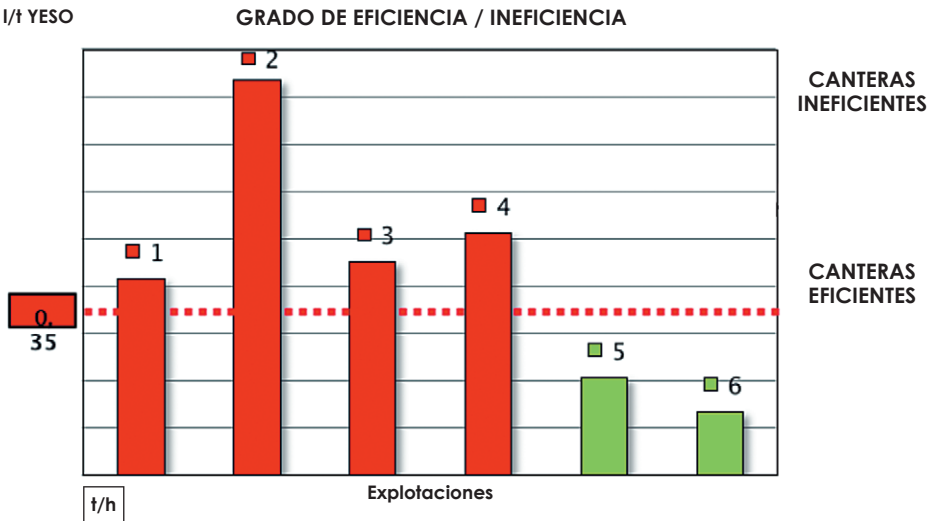
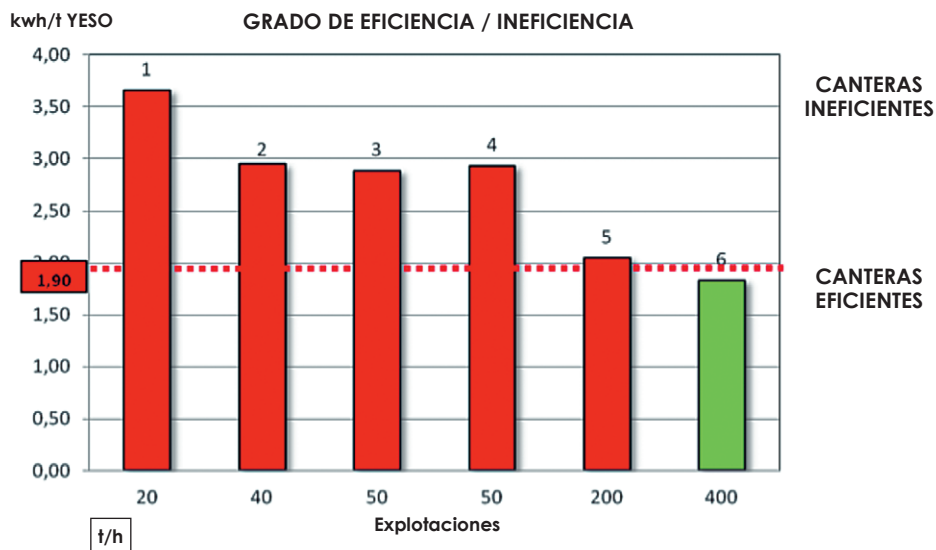
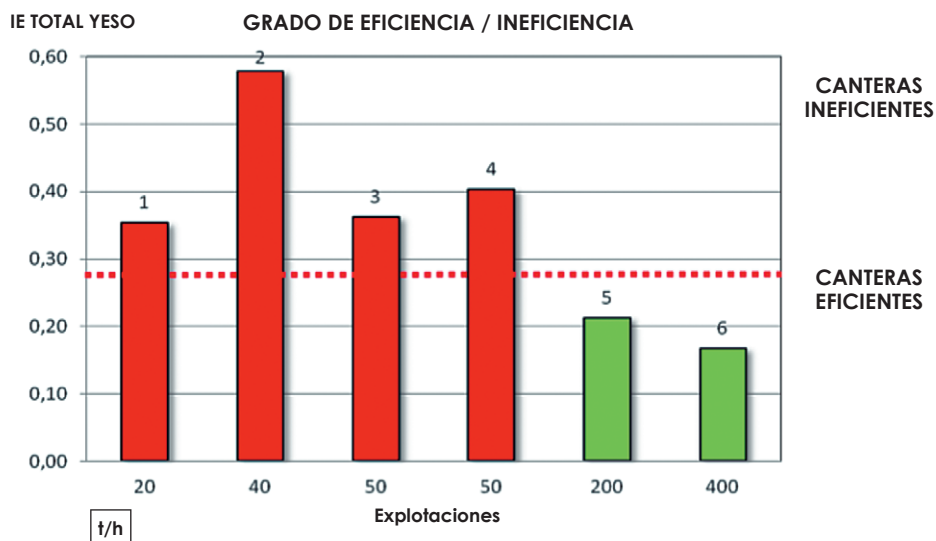


Figura 8.4. Índice de eficiencia energética en relación al consumo de combustible.



**Figura 8.5.** Índice de eficiencia energética en relación al consumo de energía en la planta de tratamiento.

En la Figura 8.6 se determina el grado global de eficiencia/ ineficiencia de las explotaciones de yeso conforme a los consumos obtenidos.



**Figura 8.6.** Índice global de eficiencia energética en explotaciones de yeso.



## 1. Conclusiones generales

Se constata en los tres tipos de explotaciones analizados que existe una baja eficiencia en el consumo de gasoil, lo que se justifica por una mala planificación minera, reflejada en un equipo de carga y transporte inadecuado.

Por ejemplo, tamaño de los equipos de carga no adecuado a la producción, empleo abusivo de las palas de ruedas en detrimento de las excavadoras hidráulicas y empleo de volquetes no compensados con los equipos de carga y el perfil de transporte.

## 2. Conclusiones particulares para el yeso

A partir de los resultados obtenidos se observan las siguientes conclusiones:

- ✱ El índice de eficiencia energética está ligado directamente a la producción horaria, siendo ineficiente por debajo de 200 t/h, que es común a los otros minerales industriales.
- ✱ Esto es debido tanto al alto consumo de gas oil, indicado en el punto anterior, como a la baja eficiencia de las plantas de tratamiento pequeñas, probablemente debido a un mal dimensionamiento de los equipos de trituración y clasificación.

Las recomendaciones serían:

- ✱ Sustituir las perforadoras de martillo en fondo por perforadoras de martillo en cabeza.
- ✱ Drenar el agua en los barrenos rebajando el nivel freático para poder consumir explosivos tipo anfo.



- \* Sustitución de una parte del anfo por alnafo.
- \* Empleo de retros hidráulicas en lugar de palas de ruedas.
- \* Empleo de machacadoras y cribas móviles en tajo para no transportar dos veces el estéril, del tajo a la planta y de la planta al tajo en restauración.
- \* Empleo de camiones tipo bañera mucho más eficientes desde el punto de vista del consumo.
- \* Construcción de pistas bien diseñadas, construidas y mantenidas.
- \* Revisión de las plantas de tratamiento mediante auditoras energéticas, especialmente las de baja producción y por tanto más antiguas.

## Auditorías energéticas y planes de ahorro

Dado que una de las conclusiones más reiterativa es la realización de auditorías energéticas, especialmente en lo referente a las plantas más antiguas de tratamiento, se expone brevemente en qué consiste este tipo de estudios y cuales son sus objetivos y las principales etapas para su elaboración y desarrollo.

La auditoría energética es un sistema voluntario mediante el cual es posible analizar los flujos de energía de las empresas productivas, con vistas a detectar las debilidades que afectan al consumo y las oportunidades de ahorro de energía, para garantizar un uso eficiente y sostenible de la misma y evitar emisiones de gases de efecto invernadero. También facilita la toma de decisión en cuanto a inversiones en ahorro de energía, así como la rentabilidad y viabilidad de las mismas, y determina el benchmarking (o rendimiento del sistema) de los procesos productivos auditados.

Las auditorías energéticas de carácter interno tienen como mínimo dos tiempos de aplicación; uno inicial, con vistas a conocer la situación de partida de la empresa auditada, y otro posterior o de seguimiento, que deberá corresponderse con el alcance, la finalidad y los objetivos de la auditoría inicial, y con la planificación, distribución de las operaciones a realizar orientadas al ahorro de energía. La periodicidad de estas auditorías de seguimiento dependerá de las condiciones del plan de ahorro establecido.

Además, constituyen una etapa imprescindible dentro del proceso de implantación de un sistema de gestión de la energía de una empresa, cuyos requisitos se describen en la reciente norma europea UNE EN 16001:2009.

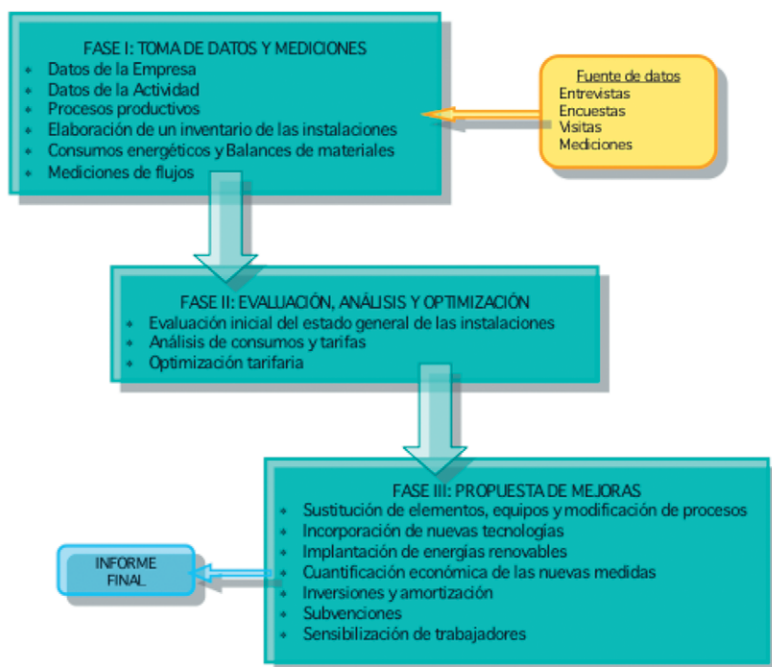
Los objetivos de las auditorías energéticas son:

- ✱ Conocer la situación energética de la empresa en cada uno de sus áreas de trabajo, mediante la realización de encuestas, visitas y mediciones, básicamente.
- ✱ Diagnosticar sobre el estado de la actividad respecto al consumo de energía de los procesos productivos y más concretamente de los principales equipos consumidores de energía.

- ✳ Detectar los factores que afectan al consumo energético.
- ✳ Proponer mejoras en función de las distintas oportunidades de ahorro identificadas y evaluadas, tanto técnicas como económicas.

La mejor manera de lograr estos objetivos es establecer un protocolo de actuación en cada una de las áreas auditadas, que, de manera general, en las explotaciones mineras se pueden agrupar en consumo, electricidad, producción, mantenimiento, infraestructura general y transporte.

En principio, el proceso de auditoría consta de al menos tres fases; una primera de toma de datos, seguida de una evaluación de los consumos y análisis de la situación inicial de las instalaciones con vistas a proponer en una tercera fase, las posibilidades de mejora para una mayor eficiencia de sus equipos e instalaciones. La Asociación Española de Normalización y Certificación, AENOR, acaba de publicar la norma UNE-EN 216501:2009 en la que se establecen los requisitos que deben tener las auditorías energéticas para que, realizadas en distintas instalaciones y empresas industriales, puedan ser comparables.



**Figura 10.1.** Fases de una auditoría energética.

## Fase I. Toma de datos y mediciones

En esta primera fase de recogida de datos, la información sobre la explotación minera a auditar se podrá recabar mediante uno o varios de los siguientes sistemas: encuestas de carácter general y energético, como la presentada en el ANEXO, visitas al conjunto de las instalaciones, entrevistas con los diferentes responsables de las áreas de extracción, producción, mantenimiento y gestión de la empresa, fundamentalmente, y si fuera preciso también, mediciones realizadas in situ (eléctricas, de gases de combustión y de confort climático, como luminosidad, temperatura y humedad).

## Fase II. Evaluación, Análisis y Optimización

Una vez recogida la información, el paso siguiente es evaluar y analizar el uso de la energía para identificar las oportunidades de ahorro (detección de fugas, mal uso de los equipos, mantenimiento, optimización tarifaria, etc.) y mejorar la eficiencia de las instalaciones.

En esta fase, los aspectos a estudiar se podrían agrupar de la siguiente manera:

- ✱ Evaluación inicial del estado general de las instalaciones. Detección de incidencias, fallos y fugas energéticas y localización de las mismas: sistemas de iluminación, de aislamiento, control de temperatura ambiental, etc.
- ✱ Revisión de los registros de consumos y elaboración de un análisis comparativo de los consumos anuales de energía en los dos-tres últimos años.
- ✱ Localización de los diferentes consumos parciales para determinar posibles desviaciones energéticas.
- ✱ Determinar si el mantenimiento es adecuado y considerar como podría mejorarse.
- ✱ Análisis del uso de la energía de producción.
- ✱ Control de las rutas de transporte, mantenimiento de los vehículos, estado de las pistas, etc.
- ✱ Revisión de facturas y contratos de suministro eléctrico.
- ✱ Optimización tarifaria y posibilidades de cambiar a otro tipo de tarifas (discriminación horaria, tarifas especiales de alta y baja tensión, bonificaciones, etc.). De esta manera, se pretende reducir el coste energético buscando la tarifa óptima en el nuevo mercado libre de la electricidad.

## FASE III. Propuestas de Mejoras

Finalmente, como conclusión de la auditoría se redactará un Informe Energético Final en el que se deberán exponer las propuestas de mejoras energéticas derivadas del análisis anterior, cuantificando en la medida de lo posible el ahorro económico y ambiental derivado de las posibles medidas a adoptar, así como el orden de preferencia para su implantación.

En esta etapa se deben trabajar aspectos como:

- ✱ Los equipos y puntos con menor eficiencia y cuya corrección es más urgente.
- ✱ Propuestas de mejoras en las instalaciones para mejorar la eficiencia y reducir el gasto energético.
- ✱ Informes de análisis de rentabilidad financiera de las mejoras.
- ✱ Propuestas de implantación de energías renovables y cogeneración.
- ✱ Disminución de consumos.
- ✱ Valoración económica de las medidas adoptadas.
- ✱ Valoración de la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> conseguidas.
- ✱ Planificación de las operaciones orientadas al ahorro de energía.
- ✱ Distribución de las operaciones a realizar y periodicidad de las mismas.
- ✱ Plan de mantenimiento de la Gestión Energética.

La auditoría energética concluye con la elaboración de un plan para el ahorro y la eficiencia energética de la empresa auditada, en el que además de medidas tecnológicas se deberán considerar cambios en comportamiento del uso de la energía. Con dicho plan se va a permitir alcanzar mayor productividad y calidad de producción, con menor coste ambiental.

El desarrollo de un plan de ahorro, entendido como el conjunto de acciones que permiten el ahorro de energía en todas sus formas (eléctrica, térmica, de combustibles, etc.) con el menor impacto sobre el medio ambiente, puede proporcionar a las empresas en general, y a las mineras, en particular, algunas importantes ventajas:

- ✱ Disminuyen los consumos de energía final (calentamiento de agua, mantenimiento, almacenamiento de energía) y se optimiza su empleo.

- ✱ Disminuye el consumo de energía primaria fósil no renovable.
- ✱ Menores riesgos ambientales (fugas, accidentes, etc.), al tener una idea más completa de las fuentes de energía y las áreas de consumo de la actividad extractivas.
- ✱ Se cumple con la legislación ambiental vigente.
- ✱ Facilita la implantación de sistemas de gestión ambiental.
- ✱ Favorece un uso sostenible de los recursos energéticos.
- ✱ Mayor competitividad, al favorecer que la actividad se pueda desarrollar de manera más efectiva y rentable (ahorro en el consumo de energía).
- ✱ Mejora la imagen pública de la empresa.



# Cuestionario consumo energético

## DATOS DE LA EXPLOTACIÓN

EMPRESA			
NOMBRE			SECCIÓN
TIPO DE EXPLOTACIÓN	Cantera <input type="checkbox"/> sí	Gravera <input type="checkbox"/> sí	
PLANTA DE TRATAMIENTO			

## LOCALIZACIÓN

TÉRMINO MUNICIPAL		
PARAJE		
COORDENADAS	X:	Y:

## PRODUCCIÓN

RECURSO EXPLOTADO			
DENSIDAD (t/m³)			
	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009
PRODUCCIÓN BRUTA (t/año)			
PRODUCCIÓN VENDIBLE (t/año)			
PRODUCTIVIDAD (t/día)			

## CONSUMOS ANUALES

	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009
ENERGÍA ELÉCTRICA (kWh)			
COMBUSTIBLES:			
GASOIL (l)			
FUELOIL (l)			
EXPLISIVOS TOTAL (kg)			
CARGA DE FONDO DINAMITA O HIDROGELES (kg)			
CARGA DE COLUMNA (kg) ANFO			



### PERFORACIÓN Y VOLADURA

MARCA Y MODELO PERFORADA		POTENCIA (Hp)
MARTILLO EN CABEZA (MODELO)		MARTILLO EN FONDO (MODELO)
ALTURA DE BANCO (m)		
DIÁMETRO DE PERFORACIÓN (mm)		
LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)		
N.º DE BARRENOS ANUAL		
METROS / HORA		
PIEDRA (m)		
ESPACIAMIENTO (m)		
CARGA DE FONDO BARRENO (kg)		
CARGA DE COLUMNA BARRENO (kg)		
RETACADO (m)		

### CARGA Y TRANSPORTE

DISTANCIA RECORRIDA (m) (ida + vuelta)			
PENDIENTE MEDIA (%)			
	MARCA Y MODELO	NÚMERO	POTENCIA (Hp)
MÁQUINA DE CARGA			
EXCAVADORAS HIDRÁULICAS			
PALAS DE RUEDAS			
CAMIONES			
RÍGIDOS			
ARTICULADOS			
CONVENCIONALES			
OTRAS MÁQUINAS			
MOTONIVELADORAS			
MIXTAS			

#### MANIPULACIÓN Y CARGA EN PLANTA

	MARCA Y MODELO	NÚMERO	POTENCIA (Hp)
MÁQUINA DE CARGA			
CAMIONES			
OTRAS MÁQUINAS			

#### INSTALACIONES ELÉCTRICAS

		POTENCIA (kVA)
--	--	----------------

**PLANTA DE TRATAMIENTO**

TRITURACIÓN Y MOLIENDA	TIPO/MARCA MODELO/ REGULACIÓN (mm)	NÚMERO	POTENCIA UNITARIA (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)
PRIMARIA				
SECUNDARIA				
TERCIARIA				
ALIMENTADORES	TIPO/MARCA MODELO	NÚMERO	POTENCIA (kW)	
CRIBAS	MARCA MODELO	N.º BANDEJAS	SUPERFICIE (m²)	
CINTAS	LONGITUD (m)/ANCHURA (mm)/ VELOCIDAD (m/s)	NÚMERO	POTENCIA (kW)	
LAVADO	MARCA MODELO	NÚMERO	POTENCIA (KW)	
TROMMEL				
NORIA				
CICLONES				
ESCURRIDOR				
BOMBAS				
TRATAMIENTO DE AGUAS	MARCA MODELO	NÚMERO	POTENCIA (kW)	
DECANTADOR				
LAMELAS				
FILTROS PRENSA				
BOMBAS				
OTRAS INSTALACIONES	MARCA MODELO	NÚMERO	POTENCIA (kW)	



Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency

Intelligent Energy  Europe

[www.fenercom.com](http://www.fenercom.com)



MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGÍA  
Y TURISMO

