



Madrid  
Ahorra  
con Energía



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

# Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid





# **Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid**



Fundación de la Energía  
de la Comunidad de Madrid

Energy Management Agency  
Intelligent Energy Europe

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



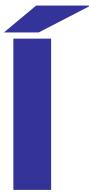
Dirección General de Industria,  
Energía y Minería  
CONSEJERÍA DE ECONOMÍA Y HACIENDA  
**Comunidad de Madrid**

[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 Escan, S.A.

Depósito Legal:  
Impresión Gráfica:



# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	9
2. EL SECTOR INDUSTRIAL EN LA COMUNIDAD DE MADRID	13
2.1. Importancia de la industria en la sociedad	13
2.2. Balance energético del sector industrial en la Comunidad de Madrid	14
3. DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA	17
3.1. Introducción a las auditorías energéticas	17
3.2. Responsabilidad de la entidad auditora	18
3.3. Preparación de la auditoría energética	19
4. METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN	21
4.1. Fases de actuación	21
4.2. Recomendaciones y buenas prácticas	23
5. EQUIPOS DE MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS	25
5.1. Analizador de redes	25
5.2. Analizador de gases de combustión	26
5.3. Sonda termo-higrométrica	27
5.4. Luxómetro	28
5.5. Otros equipos de medición	28
6. CONTENIDO DEL INFORME DE AUDITORÍA	31
6.1. Datos generales de la empresa auditada	31
6.2. Procesos de producción	33
6.3. Análisis energético del centro	35
6.4. Mediciones y registro de datos	36
6.5. Consumos específicos y costes energéticos	38
6.6. Mejoras propuestas en la auditoría energética	39
6.7. Resumen y conclusiones	40
6.8. Anexos	41
7. EJEMPLO PRÁCTICO	43



7.1.	Índice del ejemplo	43
7.2.	Desarrollo del trabajo	44
8.	ANEXOS	97
	ANEXO 1: TABLA DE EQUIVALENCIAS ENERGÉTICAS	97
	ANEXO 2: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS MEJORAS	97
	ANEXO 3: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	99

## PRESENTACIÓN

La realización de auditorías energéticas constituye una interesante vía para incrementar la penetración de la eficiencia energética en las empresas, de forma que el conocimiento del consumo energético en éstas permita detectar qué factores están afectando a su consumo de energía, identificando las posibilidades potenciales de ahorro energético que tienen a su alcance y analizando la viabilidad técnica y económica de implantación de tales medidas.

Es por ello, por lo que la Consejería de Economía y Hacienda y la Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid facilitan guías como ésta, dedicada a las empresas industriales, que sirven a todos los empresarios y responsables de la gestión y mantenimiento de instalaciones como instrumento para conseguir rendimientos energéticos óptimos para cada proceso, sin provocar una disminución de la productividad o de la calidad del bien producido.

Con publicaciones como la que nos ocupa, va a ser sencillo que los responsables, en este caso de establecimientos industriales, comprueben que aunque la eficiencia energética tenga el condicionante de la rentabilidad económica, muchas de las medidas que propone una auditoría pueden suponer un gasto mínimo o nulo, y unos ahorros económicos y energéticos importantes.

También cabe recordar, que a estas auditorías y a la implementación de las medidas que se derivan de su realización, es posible darles mayor valor añadido, siendo completadas con aspectos como la formación, el entrenamiento del personal o la concienciación ciudadana, tal y como lo viene haciendo año tras año la Comunidad de Madrid con la campaña **Madrid Ahorra con Energía**, que a través de su extensa colección de publicaciones relacionadas con la eficiencia energética ha tratado de transmitir las ventajas de la reducción de los consumos energéticos a través de las Guías de Ahorro y Eficiencia Energética en sectores tales como: instalaciones industriales; oficinas y despachos; gimnasios; comercios de alimentación; hoteles; residencias y centros de día, etc.

Merece pues la pena dedicar un pequeño tiempo a analizar





## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

las posibilidades que ofrecen estos análisis y decidir entonces, pero con criterio, cómo reducir costes, ahorrando energía y, a la vez, hacerlo beneficiando a todos los madrileños, reduciendo nuestro nivel de dependencia y, al mismo tiempo, disminuyendo los niveles de contaminación atmosférica.

**Carlos López Jimeno**

Director General de Industria

Energía y Minas

Consejería de Economía y Hacienda

Comunidad de Madrid

# 1 INTRODUCCIÓN

La energía se ha convertido en uno de los pilares que soportan el desarrollo de la sociedad actual y su disponibilidad y buen uso son ya una pieza clave a la hora de determinar el éxito o el fracaso de las economías mundiales. El nuevo siglo XXI ha dado paso a una época en la que las reservas probadas de petróleo y gas natural han dejado de aumentar año a año y el horizonte del 2050 para el primero de estos productos y 2075 para el segundo, se baraja ya como una posibilidad real para el agotamiento de estos recursos.

La demanda creciente de energía, a todos los niveles, ha motivado una tendencia alcista de los precios del petróleo y la consiguiente del gas natural, así como de la energía eléctrica. Dichos factores influyen negativamente en la balanza del sector industrial por ser dependiente, como prácticamente todos los sectores, de los costes energéticos.



Foto 1.1. Cubierta de una instalación industrial.

Como ya se manifestaba desde la Confederación Empresarial de Madrid, CEIM, el crecimiento de la demanda, unido a su carácter estratégico, hacen que la eficiencia energética se vuelva una ne-



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

cesidad de gran importancia en el desarrollo de cualquier Comunidad Autónoma. En el caso de Madrid es aún más crítico debido a la gran dependencia energética del exterior.

Una de las primeras herramientas para conciliar producción industrial y eficiencia energética son las auditorías energéticas. Los programas de auditorías energéticas han demostrado su eficacia a escala mundial para diagnosticar y mejorar el rendimiento energético de las instalaciones industriales.

El sector industrial ha sido pionero en la realización de los análisis energéticos que optimizan los consumos específicos de energía eléctrica y combustibles. En los sectores más avanzados tecnológicamente los resultados presentan mejoras de la eficiencia en el uso de la electricidad de un 12% promedio y ahorros en el consumo de combustibles con un promedio de 18-25% por unidad de producto fabricado.

El objetivo del presente documento es difundir un procedimiento de apoyo para la realización de auditorías energéticas en instalaciones industriales, especialmente en PYMES de la Comunidad de Madrid.

El documento está dividido en los siguientes apartados para una mejor comprensión:

- **El sector industrial en la Comunidad de Madrid.**

En este apartado se describirá brevemente la situación actual del sector industrial, las principales fuentes de abastecimiento energético y la estructura del consumo de energía.

- **Definición y objetivos de la auditoría energética.**

En este apartado se tratarán las definiciones de auditoría energética, así como el objetivo general y los objetivos específicos que tiene la auditoría energética en el sector industrial. También contendrá un epígrafe sobre los requisitos de la entidad auditora y del equipo técnico auditor.

- **Metodología de actuación.**

En este apartado se explicarán los métodos habituales para las fases de inicio, desarrollo y finalización de una auditoría energética. Se incluirán recomendaciones y buenas prácticas que pue-

dan ayudar al equipo auditor en sus relaciones con el cliente (Industria) en cada una de las fases.

- **Equipos de medición y registro de datos.**

En este apartado se describirán los equipos de medida y de registro portátiles que son necesarios para realizar comprobaciones *in situ* de los principales parámetros de consumo de energía eléctrica y térmica.

- **Contenido del informe de la auditoría.**

Se incluirá la estructura recomendable que ha de tener el documento y que consistirá en un informe de carácter técnico y económico.

- **Ejemplo práctico.**

Se aportará un ejemplo práctico sobre la realización de una auditoría energética en una industria. En este apartado se mostrarán los resultados que se pueden obtener en las mediciones térmicas y eléctricas, así como las mejoras identificadas y estudiadas. En estas mejoras se detallarán los aspectos técnicos y económicos realizados, así como su viabilidad a corto y medio plazo.





# 2

## EL SECTOR INDUSTRIAL EN LA COMUNIDAD DE MADRID

### 2.1. Importancia de la industria en la sociedad

De acuerdo con los datos disponibles de la *Contabilidad Regional de España* (INE), en 2006 el PIB industrial de Madrid ascendía hasta los 17.053 millones de euros, un 12,9% del PIB industrial español, lo que sitúa a la Comunidad de Madrid como la segunda región industrial del país, por detrás de Cataluña, que dobla su peso en el conjunto.

En la Fig. 2.1 se indica la importancia del sector industrial en el PIB de la Comunidad de Madrid, siendo, con un 11%, el segundo por detrás del sector servicios, que copa la práctica totalidad del PIB regional.

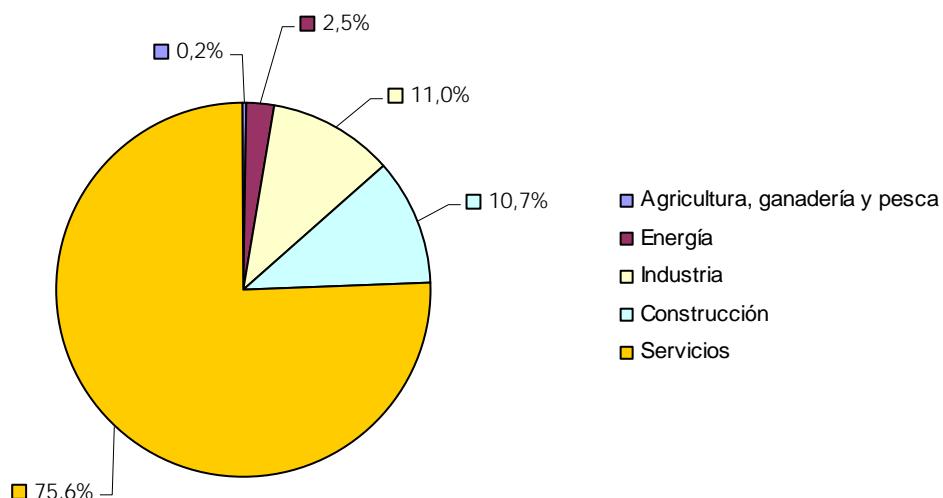
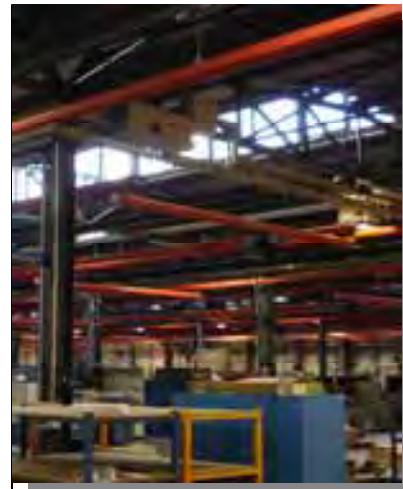


Figura 2.1. PIB de la Comunidad de Madrid. Datos 2006.

La Comunidad de Madrid, en 2008, según datos del Directorio Central de Empresas (DIRCE), presenta un número total de 519.307 empresas, aumentando un 3,2% respecto el año anterior. De ellas, 28.773 desarrollan actividades industriales, un 11% más que en el año 2000, lo que supone 2.970 empresas industriales nuevas en este periodo.

Según la Contabilidad Regional de España (INE), el número de puestos de trabajo del sector industrial en el periodo 2003-2007, en la Comunidad de Madrid, se incrementó en un 3,2%, situándose en 347.200 empleos industriales, 10.000 más que en el año 2003, lo que representa un crecimiento superior al de la media nacional, que fue del 1,3%.





## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

La estructura industrial de la Comunidad de Madrid señala que existen cinco ramas que suponen más del 69% del VAB industrial de la Comunidad de Madrid en el año 2006:

- Industria del papel, edición y artes gráficas, con el 20,6% del total.
- Industria química, con el 13,1%.
- Fabricación de materiales de transporte, con el 12,3%.
- Metalurgia y productos metálicos, con el 11,7%.
- Equipo eléctrico, electrónico y óptico, con el 11,5%.

El VAB industrial de la Comunidad de Madrid, alcanzó en el año 2007 los 22.194 millones de euros, lo que supone el 13,3% del VAB regional.

A lo largo del periodo 2000 - 2007, la Comunidad de Madrid ha sido la segunda autonomía industrial de España; en el año 2007, el 13,5% del VAB industrial nacional se produjo en esta comunidad.

La Comunidad de Madrid lidera, junto con el País Vasco, en el periodo 2000 - 2007, la productividad aparente de la industria nacional, alcanzando 62.116 euros por ocupado.

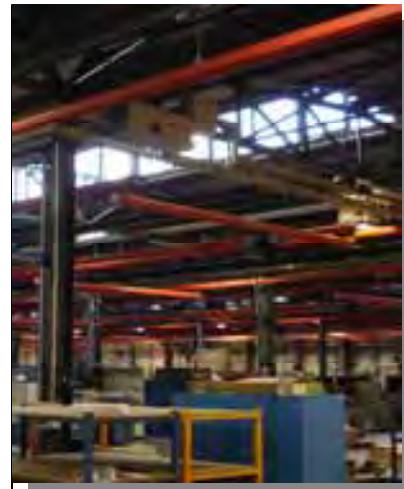
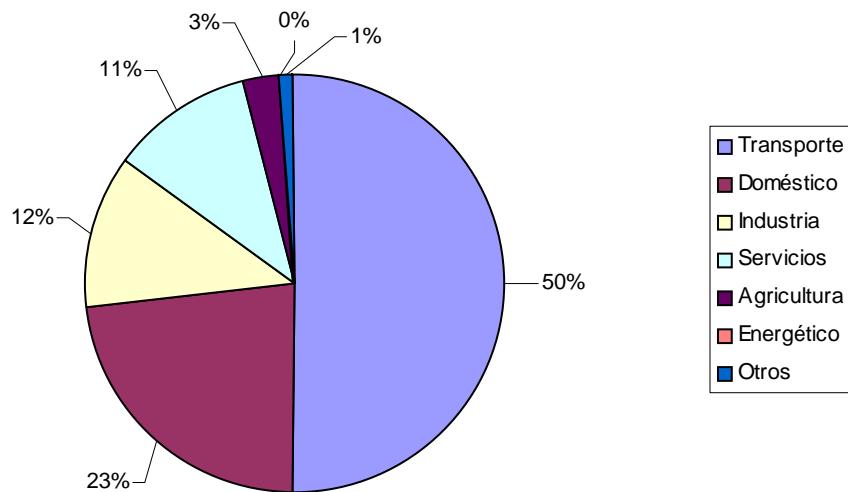
El crecimiento medio de la productividad industrial de la Comunidad de Madrid en dicho periodo ha sido del 3,8%, estando cuatro décimas por encima de la media nacional.

### **2.2. Balance energético del sector industrial en la Comunidad de Madrid**

El Balance Energético de la Comunidad de Madrid (2007), editado por la Dirección General de Industria, Energía y Minas, indica que el consumo total de energía en el año 2007 fue de 11.661 ktep. Los sectores con más consumo de energía final fueron el transporte (51%), seguido del sector doméstico (24,5%), el sector industria (12%) y el sector servicios (10%).

En la Fig. 2.2 y Tabla 2.1 se muestran los consumos finales de energía por sectores dentro de la Comunidad de Madrid.

En relación con la estructura del consumo energético en el sector industrial corresponde un 37% al gas natural, un 33% a la energía eléctrica, un 21% para derivados del petróleo, un 8% de energía térmica y un consumo de carbón muy residual.



**Figura 2.2.** Consumo de energía final por sectores (ktep) en la Comunidad de Madrid.

**Tabla 2.1.** Consumo de energía final por sectores (ktep) en la Comunidad de Madrid.

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Transporte	4.601	4.964	5.098	5.134	5.242	5.404	5.558	5.794
Doméstico	2.292	2.248	2.421	2.430	2.625	2.648	2.614	2.665
Industria	1.181	1.245	1.205	1.207	1.261	1.366	1.354	1.431
Servicios	870	958	853	922	1.062	1.146	1.214	1.276
Agricultura	153	189	265	423	386	314	351	351
Otros	95	103	96	125	113	101	109	114
Energético	10	8	8	9	9	26	30	28
<b>TOTAL (ktep)</b>	<b>9.202</b>	<b>9.715</b>	<b>9.957</b>	<b>10.250</b>	<b>10.628</b>	<b>11.007</b>	<b>11.230</b>	<b>11.661</b>

La industria madrileña se ha desarrollado, en parte por su fuerte dependencia energética, orientándose hacia sectores industriales poco consumidores de energía, predominando los sectores transformadores y de servicios, más que los primarios, en general más tributarios de la energía.

En la Tabla 2.2 se muestra la estructura del consumo de energía por tipos y sectores industriales.

De acuerdo a las compras de energía de las PYMES industriales madrileñas, los sectores más importantes son: en primer lugar, la alimentación, bebidas y tabaco con un 28%, papel, impresión y edición con un



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

11%, industria química con otro 11%, y en un alto porcentaje las industrias que trabajan los metales.

**Tabla 2.2.** Estructura del consumo energético de la Comunidad de Madrid.

	%						TOTAL	
	Carbón	Gasóleo	Fuelóleo	GLP	Gas natural	Electricidad	10 <sup>3</sup> tep	%
Productos minerales metálicos	0,8	-	-	0,9	48,3	50	114	12,62
Productos minerales no metálicos	0,5	-	17,6	0,4	69,5	12	250	27,69
Química	-	10,3	10,3	-	39,7	39,7	78	8,64
Transformados metálicos	-	17,6	11,8	3,7	22,1	44,9	136	15,06
Alimentación, bebidas y tabaco	-	17,2	6	2,6	48,3	25,9	116	12,85
Textil, cuero y calzado	-	-	-	-	72,7	27,3	44	4,87
Papel y artes gráficas	-	-	16,3	2,3	36	45,4	86	9,52
Resto	0	12,7	32,9	-	17,8	36,7	79	8,75
TOTAL (%)	0,2	6,9	12,7	1,3	46,8	32	-	-
TOTAL (10 <sup>3</sup> tep)	2,2	62	115	12	422,8	289	903	100

# 3 DEFINICIÓN Y OBJETIVOS DE LA AUDITORÍA ENERGÉTICA

## 3.1. Introducción a las auditorías energéticas

La **auditoría energética** se define como un procedimiento sistemático para obtener un adecuado conocimiento del perfil de los consumos energéticos en una instalación, identificando y valorando las posibilidades de ahorro de energía desde el punto de vista técnico y económico.

Dichas valoraciones suponen generalmente mejoras en la calidad de los servicios prestados, mejoras económicas y mejoras medioambientales.

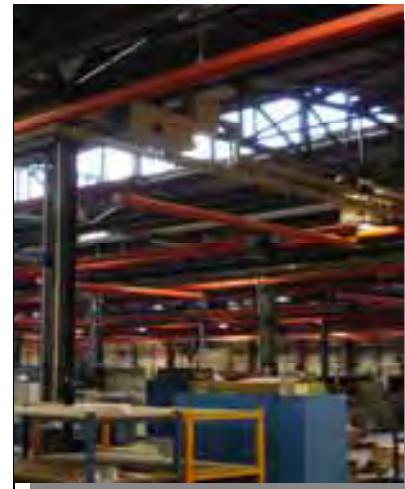
En particular, las auditorías permiten:

- Conocer la situación energética actual, así como el funcionamiento y eficiencia de los equipos e instalaciones.
- Inventariar los principales equipos e instalaciones existentes.
- Realizar mediciones y registros de los principales parámetros eléctricos, térmicos y de confort.
- Analizar las posibilidades de optimización del suministro de combustibles, energía eléctrica y consumo de agua.
- Analizar la posibilidad de instalar energías renovables.
- Proponer mejoras y realizar su evaluación técnica y económica.

El **objetivo general de las auditorías** se resume en analizar las necesidades energéticas de la empresa auditada, integrando a todos los equipos y sistemas que forman parte de ella, y proponer soluciones de mejora en materia de ahorro de energía y de incorporación de nuevas energías que sean viables técnica y económicamente.

Dentro de esta idea general, los objetivos a plantearse serían:

- Mejorar la contratación de la energía eléctrica y los combustibles.





## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

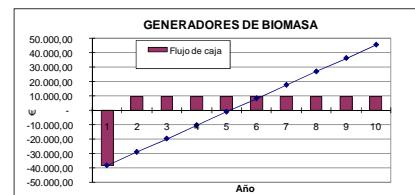
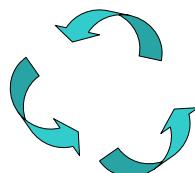
- Optimizar los consumos energéticos.
- Reducir las emisiones por unidad de producción.
- Conocer la situación general y los puntos críticos.
- Analizar la posibilidad de utilizar energías renovables.

Se evitarán las propuestas generalistas, particularizándolas y cuantificándolas para las características concretas de la empresa auditada.

Para obtener los objetivos señalados, la auditoría energética debe llevarse a cabo por un equipo de auditores con formación y experiencia en la realización de estudios energéticos.



Evaluar la situación actual de las instalaciones



Proponer mejoras, analizarlas y documentarlas



Realizar mediciones *in situ* e interpretar los resultados

Figura 3.1. Diagrama de funciones de una auditoría energética.

### 3.2. Responsabilidad de la entidad auditora

**El equipo auditor** estará compuesto por un auditor responsable, que será quien firme la auditoría, y en él podrán participar otros auditores. Cada auditor integrante del equipo deberá contar con un perfil profesional que cumpla, al menos, con los siguientes requisitos:

- Titulación de grado medio o superior en áreas relacionadas con la energía o formación de post-grado equivalente.
- Conocimientos demostrables en:
  - o Procedimientos y técnicas generales de auditoría energética.

- o Normativa sectorial de energía.
- o Técnicas y tecnologías de ahorro energético.
- o Sistemas de energías renovables.

Las auditorías energéticas han de ser realizadas por una **entidad solvente e independiente**. Para acreditar estos extremos dicha entidad deberá cumplir con los aspectos que se especifican a continuación:

- Solvencia técnica:
  - o Referencias demostrables de los trabajos de auditorías realizados.
  - o Instrumentos para mediciones y registro de datos energéticos.
- Independencia y ética:
  - o El compromiso de confidencialidad con la documentación e información a la que tenga acceso, obligándose a mantener el secreto de cuanta información conozca en el ejercicio de su actividad.
  - o Que entre la entidad auditada y la auditora no existan cruces accionariales significativos.



#### ¿Cómo realizar la auditoría energética?

- Contactar con una empresa especializada en auditorías energéticas.
- Acordar un presupuesto para el alcance deseado.
- Realización de la auditoría: inventario, mediciones y mejoras.
- Obtención de resultados y presentación adecuada a los responsables y personal relacionado.
- Mantener supervisión de los resultados y mejoras, y realizar posteriores chequeos.

### 3.3. Preparación de la auditoría energética

Con anterioridad al comienzo de la auditoría energética, es aconsejable desarrollar un "mapa visual" donde queden reflejadas las distintas etapas a realizar y su secuencia en el proceso.



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

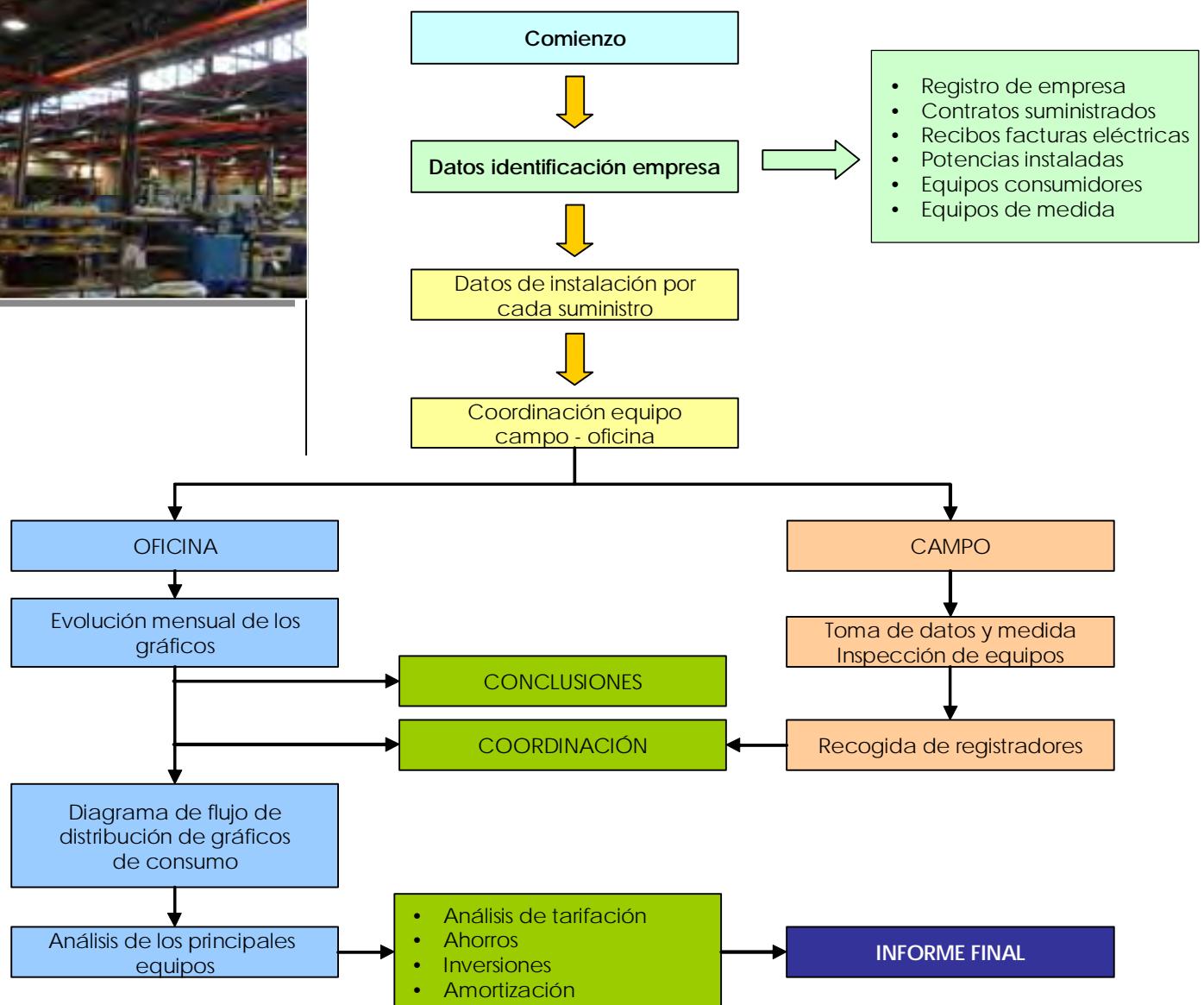


Figura 3.1. Mapa visual de trabajo en una auditoría energética.

# 4 METODOLOGÍA DE ACTUACIÓN

## 4.1. Fases de actuación

La auditoría energética se desarrollará siguiendo tres fases de actuación:

- **Fase de diagnóstico de la situación actual:** análisis de la situación actual de la instalación que se pretende auditar, caracterizando el tipo de empresa, su situación y entorno, los suministros energéticos y los sistemas consumidores de energía.
- **Fase de desarrollo:** incluye mediciones de los principales parámetros y análisis de documentación, datos y estudio de mejoras.
- **Fase final:** incluye la redacción del informe técnico y económico de auditoría con la situación prevista, aportando las mejoras necesarias para conseguir su optimización energética, económica y medioambiental.

A continuación, en la Fig. 4.1, se muestra un esquema explicativo del desarrollo de la auditoría para el sector industrial.

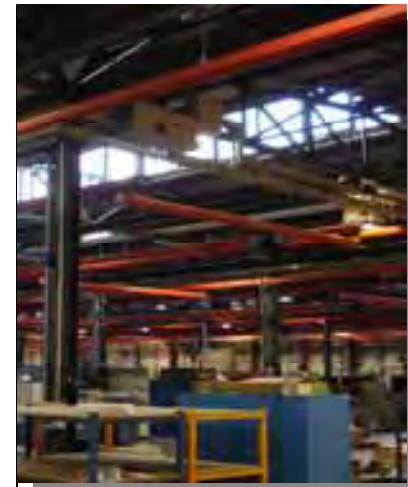
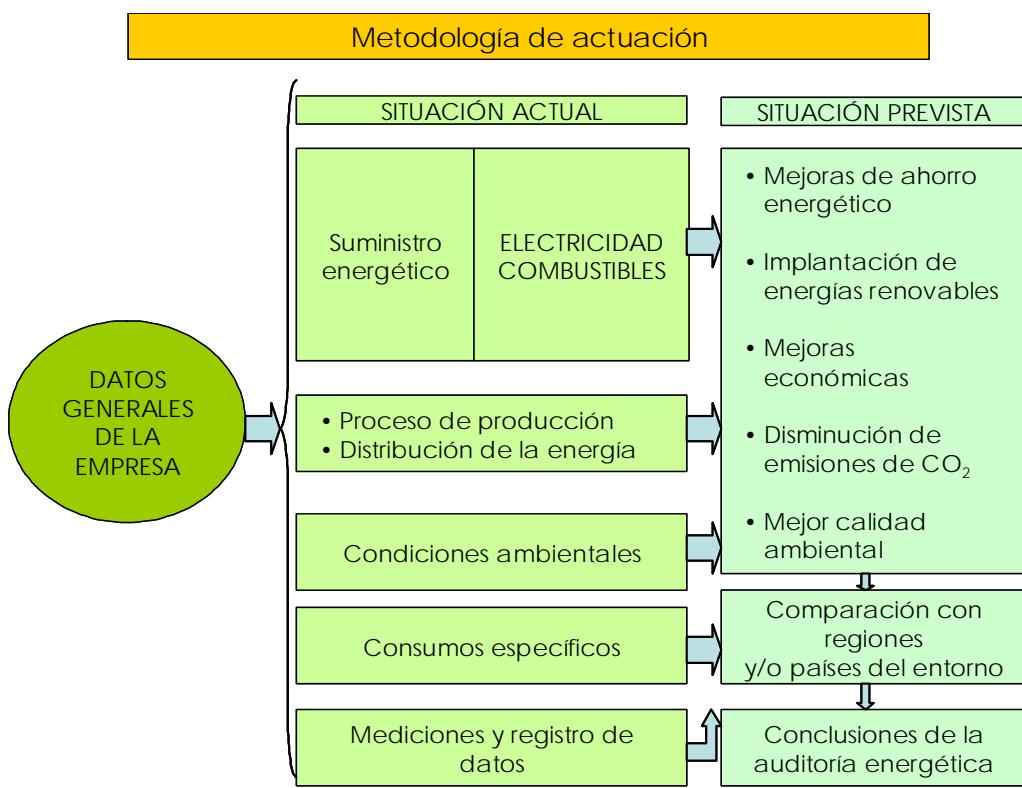


Figura 4.1. Esquema de la metodología de actuación de una auditoría energética.



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

Durante la primera fase de la auditoría o **fase de diagnóstico de la situación actual**, el equipo auditor ha de conseguir la confianza de los interlocutores designados por la empresa. Para ello, ha de explicar el alcance y los objetivos de los trabajos de auditoría que pretende realizar y responder adecuadamente a las preguntas formuladas por ellos.

No hay que olvidar que, en ciertos casos, la decisión de que se realice la auditoría parte de la dirección de la empresa y puede ser que los técnicos de la misma no tengan la información necesaria sobre esta decisión y los objetivos finales de la auditoría energética.

Entre dichos objetivos se pueden enumerar los siguientes:

- Conocer y evaluar la incidencia del coste de la energía en los costes generales de la empresa y tomar las decisiones oportunas.
- Sopesar medidas de ahorro y eficiencia energética basadas en el informe de auditoría, para mejorar la competitividad.
- Reducir los consumos energéticos para disminuir las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros gases de efecto invernadero, y así cumplir el plan de asignaciones sin penalización económica.
- Obtener una evaluación de las posibles mejoras de eficiencia energética e introducción de energías renovables para obtener líneas financieras y subvenciones basadas en dicha evaluación.

Durante la **fase de desarrollo** los auditores han de solicitar la colaboración de los responsables para consolidar los datos obtenidos, obtener información más concreta sobre ciertos temas y poder realizar con su apoyo las mediciones de parámetros eléctricos y térmicos.

En esta fase también se debe intentar conocer posibles mejoras ya estudiadas o que están en una etapa inicial de conocimiento y discusión entre la dirección y los responsables de la empresa.

Los datos de mediciones realizadas y las observaciones que provienen de los interlocutores de la empresa formarán un conjunto de conocimientos muy importantes para la formulación de posibles mejo-

ras energéticas, que han de concretarse en la tercera y última fase de la auditoría.

Durante la **fase final** de la auditoría los trabajos se realizarán en oficina, pero sin perder contacto telefónico o por correo electrónico con los responsables de la empresa auditada.

En esta fase de análisis y elaboración del informe de auditoría energética se debe acudir al *know how* propio de la empresa auditora, así como a suministradores de bienes de equipo, ingenierías, centros tecnológicos, etc., para redactar las mejoras potenciales con un enfoque tanto técnico como económico.



#### **4.2. Recomendaciones y buenas prácticas**

Durante todo este proceso, el equipo auditor, en general compuesto por dos consultores con experiencia profesional, tiene que ganarse la confianza de los interlocutores de la empresa a auditar.

Tendrá que demostrar que sus preguntas y observaciones no se dirigen a “criticar” lo existente, sino más bien a conjuntar opiniones para obtener una respuesta consensuada.

Conseguir formar un “equipo” compuesto por los interlocutores de la empresa y el propio equipo auditor facilitará los trabajos y dará resultados satisfactorios en lo profesional e incluso en el lado humano. Numerosas experiencias de auditoría energética han tenido como consecuencias positivas el establecimiento de nuevas relaciones profesionales entre los responsables de la empresa y los de la auditoría energética.



# 5

## EQUIPOS DE MEDICIÓN Y REGISTRO DE DATOS

Una vez realizado el diagnóstico de la situación actual, en la siguiente fase se han de realizar mediciones para la obtención de ciertos parámetros de interés, tanto térmicos como eléctricos. Se necesitan diversos equipos que proporcionan los datos necesarios para una correcta evaluación.

### 5.1. Analizador de redes

Los analizadores de redes son instrumentos de medida que miden directamente (tensión e intensidad) o bien calculan (potencia y energías activas y reactivas, factor de potencia, consumos máximos y mínimos, armónicos, etc.) los diferentes parámetros eléctricos de una línea eléctrica (normalmente en baja tensión).

Todos los equipos modernos de este tipo disponen, además, de la posibilidad de memorizar dichos parámetros mediante diversas funciones de programación. Para una PYME industrial puede ser representativo el período de una semana.



Foto 5.1. Analizador de redes.



Un equipo analizador de redes está compuesto por:

- El equipo registrador/analizador.
- Tres pinzas ampermétricas.
- Cuatro pinzas voltmétricas.
- Uno o varios sistemas de extracción de los datos memorizados (impresora, tarjetas de memoria, cable y *software* específico).

## 5.2. Analizador de gases de combustión

El analizador de gases de combustión es un instrumento de medida que mide directamente (concentración de oxígeno, monóxido de carbono, óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, in quemados sólidos, tiro y temperatura del aire ambiente y de gases) o bien calcula (rendimiento de combustión, índice de exceso de aire, etc.) los diferentes parámetros que determinan las características de una combustión en un determinado equipo consumidor de combustible: caldera, horno, motor, etc.



Foto 5.2. Analizador de gases de combustión.

Algunos analizadores disponen también de la posibilidad de memorizar dichos parámetros mediante funciones de programación.

Normalmente están compuestos por:

- Equipo analizador.
- Sonda para la toma de muestras de gases y medición del tiro.
- Termómetro ambiente (normalmente situado en la propia sonda de gases).
- Termómetro de contacto.
- Bomba opacimétrica.



### 5.3. Sonda termo-higrométrica

Se usa para medir la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) y la humedad relativa (%). Para que las medidas sean fiables se han de hacer varias mediciones en cada espacio que se desee estudiar, tanto en periodo estival como en invierno.

Se aconseja realizar un seguimiento de las condiciones de humedad y temperatura en el interior de los locales, comparadas con las exteriores, mediante una sonda termo-higrométrica equipada con un registrador programable.



Foto 5.3. Sonda termo-higrométrica.



#### 5.4. Luxómetro

Es un instrumento que se usa para medir la iluminación o nivel de iluminación (lux). Los datos obtenidos, luxes, se comparan con los niveles recomendados por la norma UNE-EN 124-1:2003 sobre iluminación de los lugares de trabajo interiores. Esta norma establece un valor de iluminancia media para cada tarea, por debajo del cual no puede caer el nivel de iluminación, independientemente de cual sea la antigüedad y el estado de la instalación.

Normalmente se trata de equipos muy sencillos y ligeros, formados por el analizador y la sonda fotosensible.



Foto 5.4. Luxómetro.

#### 5.5. Otros equipos de medición

##### Muestreador de caudal constante:

Mide velocidad de los gases y determina el caudal volumétrico mediante medidas isocinéticas en chimeneas. Se utiliza para grandes instalaciones industriales.

### Termómetro de contacto:

Generalmente con un rango 0 °C - 200 °C para determinar pérdidas de calor en conductos, tuberías y equipos dotados de aislamiento.

### Multímetro:

Mide un conjunto de variables, como son: voltaje, intensidad, resistencia, frecuencia, temperatura, humedad, intensidad de luz, incluso sonido.



Foto 5.5. Multímetro.

### Bomba opacimétrica:

Indica el índice de opacidad en humos en la escala Bacharach. Se utiliza para temperaturas no muy elevadas, por ejemplo en sistemas de calefacción y ACS.



Foto 5.6. Bomba opacimétrica.



**Pirómetro de infrarrojos:**

Mide la temperatura superficial en hornos, calderas, etc. También se utiliza para la detección de “puntos calientes” en cuadros eléctricos, aislamientos térmicos y refractarios.

**Medidor de energía eléctrica:**

Mide V, I, P, Q,  $\varphi$ , Wh y consumo (en €). Se utiliza para realizar mediciones eléctricas en equipos concretos.



Foto 5.7. Medidor de energía eléctrica.

# 6 CONTENIDO DEL INFORME DE AUDITORÍA

El informe de auditoría ha de constar, al menos, de los siguientes epígrafes:

- Índice del documento.
- Datos generales de la empresa auditada.
- Mediciones y registro de datos.
- Análisis de los datos y de la información.
- Estudio técnico-económico de mejoras.
- Estudio técnico-económico de energías renovables.
- Rentabilidad energética, económica y ambiental.
- Conclusiones de la auditoría.
- Líneas de financiación aplicables.
- Anexos.

Hay que señalar que, aunque el contenido de dicho informe podrá variar en función de las características de cada subsector industrial, se recomienda que el informe de auditoría energética mantenga en lo posible la estructurada indicada.

El informe resultante de la auditoría energética constituirá una herramienta fundamental para la toma de decisiones por parte de los responsables de la instalación industrial, además de resultar básico en la obtención de futuras ayudas para la inversión en activos asociados a medidas de eficiencia energética.

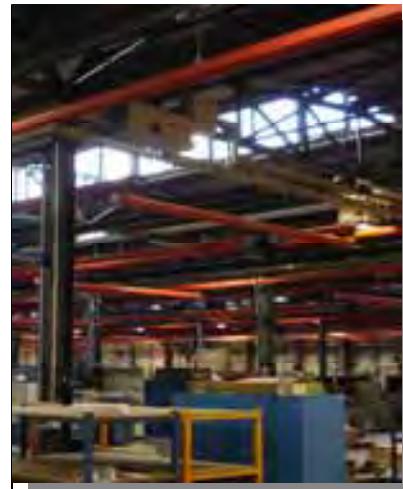
A continuación, se presenta un ejemplo de informe donde se incluyen los puntos básicos que toda auditoría energética debe contener.

## EJEMPLO

### 6.1. Datos generales de la empresa auditada

#### 6.1.1. Datos generales

La finalidad de este apartado es identificar a la empresa y a la factoría, así como a las personas que más directamente han participado en la auditoría, tanto por parte de la empresa auditora, como de la auditada.



**Tabla 6.1.** Datos generales de la empresa auditada.

<b>DATOS GENERALES DE LA EMPRESA AUDITADA</b>	
EMPRESA	
DOMICILIO SOCIAL	
GRUPO EMPRESARIAL	
ACTIVIDAD EMPRESARIAL	
DIRECCIÓN	
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA/INDUSTRIA	

**Tabla 6.2.** Datos de contacto de las personas responsables.

<b>DATOS DE CONTACTO DE LAS PERSONAS RESPONSABLES</b>				
	NOMBRE	TELÉFONO	EMAIL	CARGO
PERSONA DE CONTACTO EN LA EMPRESA				
TÉCNICO AUDITOR				

Será aconsejable la inclusión de planos o fotografías que permitan ubicar las instalaciones de manera más precisa.

### 6.1.2. Datos de producción

En este apartado se busca conocer un conjunto de datos de producción, como pueden ser el régimen de actividad (funcionamiento, nº

**Tabla 6.3.** Datos del régimen de actividad de la industria.

<b>RÉGIMEN DE ACTIVIDAD</b>			
NÚMERO DE EMPLEADOS			
RÉGIMEN DE FUNCIONAMIENTO	HORAS/DÍA	DÍAS/SEMANA	DÍAS/AÑO
CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA FÁBRICA	Mensual	Anual	
ESTRUCTURA DE COSTES DE PRODUCCIÓN (opcional)	Gastos variables		
	Gastos de personal		
	Gastos fijos y amortizaciones		
	Otros gastos		
PRINCIPALES MATERIAS PRIMAS			
PRODUCTOS PRINCIPALES			

de empleados, etc.) o la capacidad productiva de la fábrica. Con dichos datos el auditor puede hacerse una idea del volumen de negocio y trabajo. También será necesario conocer el tipo y cantidades de materia prima y, más importante, los productos obtenidos de su tratamiento para hacer una comparación con la energía consumida.

Es aconsejable incluir gráficas y tablas que desarrollem y clarifiquen todo lo mencionado con anterioridad.



## 6.2. Procesos de producción

### 6.2.1. Memoria descriptiva de la instalación

La memoria consta de una breve descripción, detallando las áreas o partes más importantes de la industria, los diferentes procesos que tienen lugar, los equipos, la maquinaria, las oficinas, las instalaciones características de cada zona y cualquier otra información que pueda tener especial interés.

Planos, fotografías y esquemas pueden ayudar a definir la instalación industrial.

### 6.2.2. Diagrama de los procesos

Con el objetivo de proponer mejoras energéticas, la auditoría energética debe tener presente el proceso productivo de la instalación, sus operaciones básicas, sus particularidades y sus condicionantes.

Por ello, es aconsejable la inclusión de un diagrama explicativo del proceso productivo de materias primas en productos finales de comercialización. Este diagrama de bloques debe incluir las principales operaciones, debe identificar las líneas de proceso que trabajan independientemente y las que trabajan secuencialmente, y debe reflejar las aportaciones de energía que abastecen cada proceso.

### 6.2.3. Características de los principales consumidores de energía

Es un apartado muy importante del informe de auditoría energética, ya que servirá para identificar y clasificar los equipos consumidores de energía eléctrica y térmica según su consumo, potencia y eficiencia.

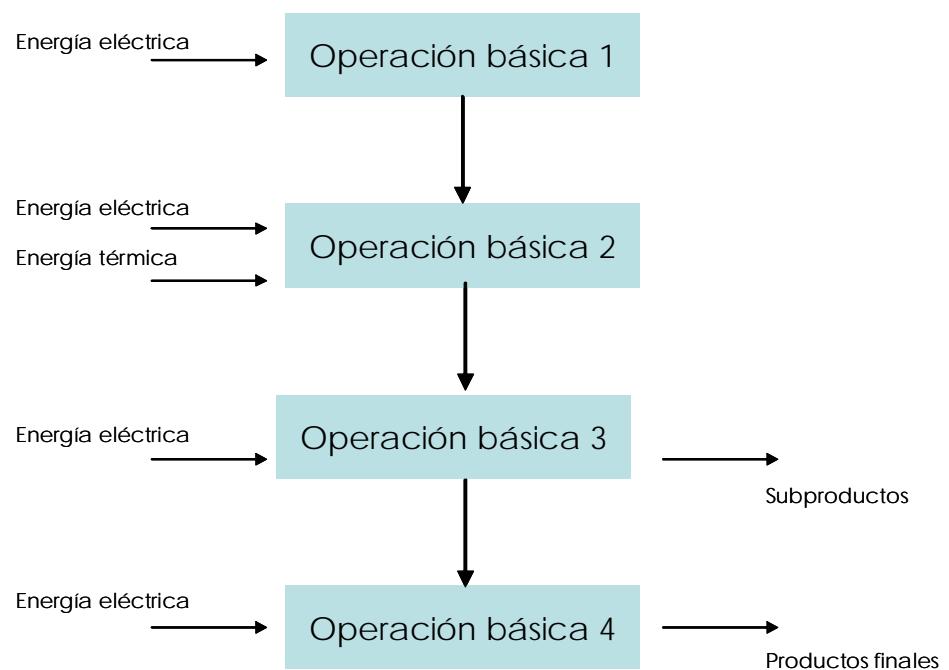


Figura 6.1. Esquema de un diagrama de procesos.

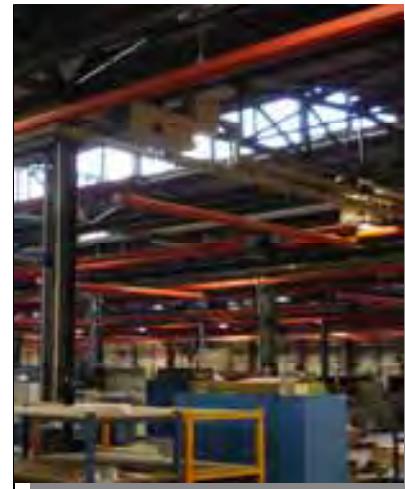
Dependiendo del tamaño de la industria a auditar, el inventariado de las máquinas puede ser muy extenso. Por ello, es necesario centrarse en el detallado de los equipos que, o bien por su potencia unitaria o por su número elevado en el conjunto total, suponen unos valores de consumo energético relevantes dentro del consumo total de la industria.

En el inventariado de estos equipos se intentará aportar todos los datos característicos de cada equipo, pero, sobre todo, será necesario recoger toda la información referente al combustible utilizado, al número de equipos totales, la potencia unitaria, su eficiencia y, muy importante, su régimen de funcionamiento y la red de distribución de cada uno de éstos.

Algunos de los equipos con mayores consumos de energía se pueden encontrar dentro de esta clasificación:

- Maquinaria de producción.
- Calderas de vapor.
- Calderas de agua sobrecalentada.
- Generadores de aire caliente.
- Producción de aire comprimido (compresores).
- Producción de frío (grupo frigorífico).
- Equipos para la climatización y aire acondicionado.
- Motores eléctricos.

- Iluminación y alumbrado interior y exterior.
- Equipos de ofimática.
- Etc.



## 6.3. Análisis energético del centro

### 6.3.1. Fuentes de suministro energético

En este apartado del informe se indicarán las fuentes de suministro: electricidad, gas natural, gasóleo, propano, etc. Además, se incluirá información referente a las condiciones de suministro de estas fuentes energéticas. Será necesario registrar la distribución de consumos y costes energéticos de la industria, tanto eléctricos, térmicos, de origen renovable o de otras fuentes de energía.

Un ejemplo de una posible tabla para los distintos consumos de energía según la fuente es la siguiente, Tabla 6.4.

**Tabla 6.4.** Datos de consumo energético de la industria.

CONSUMO ENERGÉTICO			
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (COMPRADA Y AUTO PRODUCIDA)			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
CONSUMO ELÉCTRICO (kWh)			
COSTE ELÉCTRICO (€/MES)			
COSTE MEDIO DEL kWh			
CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA (COMBUSTIBLES UTILIZADOS)			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
CONSUMO TÉRMICO (kWh)			
COSTE TÉRMICO (€/MES)			
COSTE MEDIO DEL kWh			
PRODUCCIONES ENERGÉTICAS PROPIAS			
OTRAS FUENTES DE SUMINISTRO ENERGÉTICO			

Se aconseja elaborar tablas y gráficas de los consumos y costes energéticos de la industria tanto anuales, mensuales o semanales. De esta manera, se podrán observar los picos y valles de consumos y costes según los distintos períodos, y así valorar diferentes medidas para su reducción.



### 6.3.2. Distribución del consumo por actividades

Una vez obtenidos los valores de consumo energético de la totalidad de la industria, se procederá a la discriminación de éstos según actividades y procesos de producción o según grupos de consumidores energéticos.

Es decir, se comparará las influencias de los diferentes procesos o equipos en los consumos y costes totales de la empresa auditada, tanto anuales como mensuales, determinando mediante tablas, cifras y porcentajes la relevancia de cada uno dentro del proceso global.

De esta manera, se podrá valorar la magnitud de ahorro energético que las futuras mejoras tendrán sobre los consumos y costes totales y particulares de cada proceso o equipo. Las siguientes tablas muestran un pequeño ejemplo de lo anunciado anteriormente.

**Tabla 6.5.** Distribución del consumo eléctrico por actividad.

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS (kWh)			
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA	ANUAL	MENSUAL	%
EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN			
ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO			
SISTEMAS DE COMPRESIÓN			
OTROS			
<b>TOTAL DE LA FACTORÍA</b>			

**Tabla 6.6.** Distribución del consumo térmico por actividad.

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS TÉRMICOS (kWh)			
CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA	ANUAL	MENSUAL	%
PROCESOS			
CALEFACCIÓN			
OTROS			
<b>TOTAL DE LA FACTORÍA</b>			

## 6.4. Mediciones y registro de datos

### 6.4.1. Mediciones eléctricas

En el desarrollo de la auditoría energética se calcularán los principales parámetros eléctricos (potencia consumida, tensión, factor de poten-

cia, intensidad de línea, armónicos) de la industria, utilizando los datos propios de la empresa o los obtenidos mediante el analizador de redes.

#### **6.4.2. Mediciones del rendimiento térmico (%)**

En este apartado se calculará el rendimiento térmico de los principales equipos de combustión (calderas, hornos, secaderos, etc.) utilizando los datos propios de la empresa y los obtenidos mediante el analizador de gases de combustión.

**Tabla 6.7.** Mediciones en una caldera.

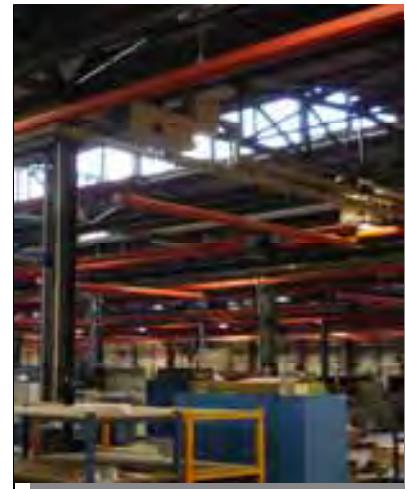
<b>CALDERA</b>					
Temp. Humo (°C)	Temperatura Aire (°C)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Exceso de aire (%)	Eficiencia (%)

#### **6.4.3. Mediciones de la luminosidad, temperatura y humedad en lugares de trabajo**

Dentro de la auditoría energética se realizarán mediciones de los niveles de luminosidad, temperaturas y humedad en los entornos de trabajo, no sólo para determinar el nivel de confort laboral sino que, además, estas mediciones ayudarán a la hora de decidir sobre determinadas propuestas de mejoras, como, por ejemplo: reducción de los niveles de luminosidad, adecuación de los niveles de temperaturas, etc.

**Tabla 6.8.** Estudio de luminosidad en los puestos de trabajo.

<b>ESTUDIO DE LUMINOSIDAD</b>			
Zona	Nivel de Iluminación (lux)	Observaciones	Recomendado UNE (lux)



**Tabla 6.9.** Estudio de temperatura y humedad en los puestos de trabajo.

ESTUDIO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD			
Zona	Humedad (%)	Temperatura (ºC)	Observaciones

## 6.5. Consumos específicos y costes energéticos

### 6.5.1. Consumos específicos de energía en el establecimiento

En este apartado se reflejarán los ratios de consumos y costes energéticos, eléctricos y térmicos, por unidad producida, de manera que sea identificable la relación entre el consumo y el coste energético con la producción de la factoría.

Esta unidad productiva se refiere al producto obtenido de la actividad industrial que se lleve a cabo en la instalación, por ejemplo, un modelo de coche x en una industria destinada a la fabricación y montaje de automóviles. En el caso de que esta unidad productiva no sea muy relevante, por ejemplo en industrias que no desarrollen una producción en cadena, se podrá tomar como unidad productiva cualquier otro dato que haga referencia a la capacidad productiva de la industria.

### 6.5.2. Coste energético del establecimiento, factura energética y tarifas aplicadas

Dentro de este apartado se incluirá toda la información referente a los contratos y tarifas en el suministro de electricidad y otros combustibles (gasóleo, gas natural, etc.) que son consumidos en la instalación. Se detallarán valores del precio del kWh consumido, las tarifas contratadas y otros datos relevantes con objeto de evaluar posibles mejoras en la renegociación de los contratos de suministro de energía.

### 6.5.3. Aumento de eficiencia y evolución de los consumos específicos

Este apartado servirá como análisis de todos los datos de consumos y costes según actividades recopilados con anterioridad, y en él se in-

cluirá un resumen de las medidas detectadas y que, posteriormente, serán desarrolladas en el apartado de mejoras, para conseguir un aumento en la eficiencia de las instalaciones y, con ello, un ahorro energético y económico para la industria.

#### **6.5.4. Comparación de los consumos específicos, térmicos y eléctricos con otros de su actividad medios en España y en la UE**

Se realizará una comparación de datos de consumo específico térmico y eléctrico por unidad productiva o por actividades, con datos de otros proyectos similares en España o Europa para verificar que estos consumos se encuentran entre los normales o adecuados.

#### **6.5.5. Repercusión de la energía en los costes variables**

Se estudiará la relevancia que los costes relativos a los consumos energéticos tienen sobre el coste global de la industria.

### **6.6. Mejoras propuestas en la auditoría energética**

En este apartado se incluirán todas las posibles mejoras que se hayan detectado durante la elaboración de esta auditoría.

Estas mejoras irán enfocadas al aumento de la eficiencia energética, ya sea disminuyendo el consumo energético de los equipos, introduciendo energías renovables para el autoabastecimiento, mejorando el rendimiento de la instalación o con la instalación de equipos más eficientes y limpios con el medioambiente.

Dichas mejoras deberán intentar abarcar todos los sistemas y equipos que son grandes consumidores de energía (iluminación, climatización, compresión), ya que cualquier mejora en estos equipos, por pequeña que sea, originará grandes ahorros de consumo energético y, en consecuencia, ahorros económicos.

Estas mejoras, sin ser proyectos de ejecución, deberán describir en gran medida su futura aplicación, aportando datos reales sobre su instalación, inversión y subvenciones, y detallando las mejoras técnicas y ahorros energéticos, medioambientales y económicos que la aplicación de dicha propuesta originaría.



**Tabla 6.10.** Características de un tipo de mejora estándar.

CARACTERÍSTICAS DE UN TIPO DE MEJORA ESTANDAR	
SITUACIÓN ACTUAL	
Características de la instalación	
Consumo anual de combustible	
Coste anual de combustible	
Emisiones de CO <sub>2</sub>	
SITUACIÓN NUEVA	
Características de la instalación	
Consumo anual de combustible	
Coste anual de combustible	
Emisiones de CO <sub>2</sub>	
<b>Inversión de la instalación</b>	
<b>Ahorro energético</b>	
<b>Ahorro económico</b>	
<b>Ahorro en emisiones</b>	
<b>Periodo de retorno</b>	

## 6.7. Resumen y conclusiones

Como conclusión de la auditoría energética se realizará un análisis energético global comparando la situación anterior a la ejecución de dicho trabajo y la situación nueva con la aplicación de las distintas mejoras propuestas.

Algunos de los datos que deben ser incluidos en este apartado son los siguientes:

- Ahorro de energía térmica y eléctrica.
- Ahorro en costes energéticos.
- CO<sub>2</sub> evitado.
- Inversión total.
- Periodo de retorno.

Se recomienda la inclusión de un cuadro resumen donde figuren todas las medidas recomendadas y se indiquen los parámetros principales de inversión y ahorros producidos, Tabla 6.11.

**Tabla 6.11.** Cuadro resumen de las mejoras propuestas.

MEJORAS	INVERSIÓN €	AHORRO ELÉCTRICO kWhe/año	AHORRO TÉRMICO kWh/año	AHORRO ECONÓMICO €/año	P. DE RETORNO SIMPLE años
Mejora 1					
Mejora 2					
Mejora 3					

## 6.8. Anexos

Se podrán incluir tantos anexos como sean necesarios, alguno de los más usuales y de gran información para el cliente son los siguientes:

- Legislación básica de aplicación.
- Líneas de promoción y financiación por las administraciones.
- Empresas suministradoras de equipos, maquinaria y accesorios.
- Balances energéticos de equipos.
- Figuras y planos.





# 7 EJEMPLO PRÁCTICO

Dentro de la variedad de posibles auditorías energéticas en el sector industrial se ha elegido un ejemplo que puede ser representativo en la Comunidad de Madrid. Se trata de una empresa (PYME) manufacturera real, con un consumo promedio anual de energía eléctrica de 2 millones de kWh y unos 60.000 l de Gasóleo B, lo que equivale a un total de 434 tep de consumo anual. Por motivos de confidencialidad, se omite el nombre de la misma.

De manera similar, las empresas de la Comunidad de Madrid podrán realizar un estudio energético denominado AUDITORÍA ENERGÉTICA, con un máximo del 75% de subvención y que les facilitará un informe técnico y económico de sus potenciales ahorros y las informaciones necesarias para acogerse a las líneas de financiación para mejoras energéticas.

## 7.1. Índice del ejemplo

### 1 DATOS GENERALES DE LA EMPRESA AUDITADA

- 1.1 Datos generales
- 1.2 Datos de producción

### 2 PROCESOS DE PRODUCCIÓN

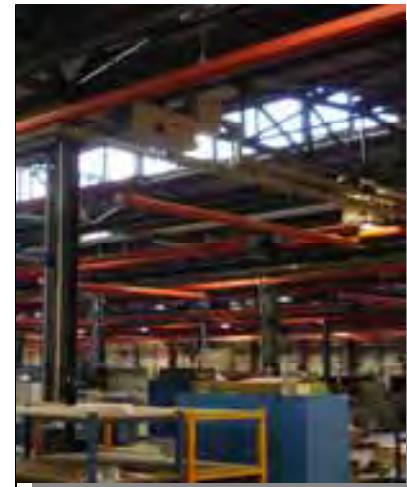
- 2.1 Memoria descriptiva de la instalación
- 2.2 Diagrama de los procesos
- 2.3 Características de los principales consumidores de energía

### 3 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL CENTRO

- 3.1 Fuentes de suministro energético
- 3.2 Distribución del consumo energético por actividades

### 4 MEDICIONES Y REGISTROS DE DATOS

- 4.1 Mediciones eléctricas
- 4.2 Mediciones del rendimiento térmico (%)
- 4.3 Mediciones de luminosidad, temperatura y humedad en lugares de trabajo





- 5 CONSUMOS ESPECÍFICOS Y COSTES ENERGÉTICOS
  - 5.1 Consumos específicos de energía en el establecimiento
  - 5.2 Coste energético del establecimiento, factura energética y tarifas aplicadas
  - 5.3 Comparación de los consumos eléctricos específicos con otros de su actividad medios en España y en la U.E.
  - 5.4 Repercusión de la energía en los costes variables
- 6 MEJORAS DETECTADAS EN LA AUDITORÍA ENERGÉTICA
- 7 RESUMEN Y CONCLUSIONES

## 7.2. Desarrollo del trabajo

### 1. Datos generales de la empresa auditada

#### 1.1. Datos generales

Tabla 7.1. Datos generales.

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA AUDITADA	
Empresa	
Domicilio social	C/ Madrid
Grupo empresarial	
Actividad empresarial	Manufacturera
Dirección	C/
Descripción de la industria	Empresa auxiliar de piezas de automoción

Tabla 7.2. Datos de contacto.

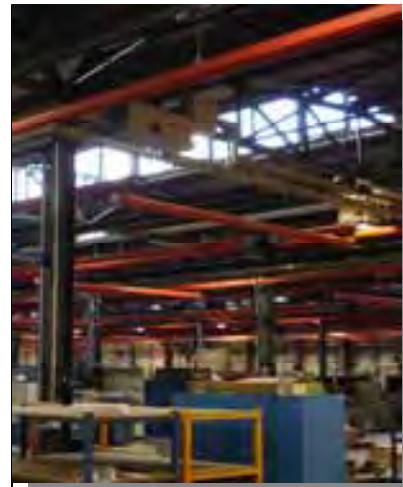
DATOS DE CONTACTO DE LAS PERSONAS RESPONSABLES			
	NOMBRE	TELÉF.	CARGO
Persona de contacto			Mantenimiento
Técnico auditor			Auditor

#### 1.2. Datos de producción

Es una empresa auxiliar de automóviles dedicada a la realización de utensilios y estampación de piezas metálicas destinadas principalmente a la industria de la automoción.

**Tabla 7.3.** Régimen de actividad de la empresa.

RÉGIMEN DE ACTIVIDAD			
Nº de empleados	116 trabajadores		
Régimen de funcionamiento	horas/día	días/semana	días/año
	24	6	300
Horario de funcionamiento		Lunes - Viernes	7,30 - 19,30
		Sábados (50% de los trabajadores)	7,30 - 15,30
Capacidad productiva de la fábrica	Mensual	Anual	
	500.000 ud.	6.000.000 ud.	
Estructura de costes de producción	Gastos variables		
	2.550.000 €		
	Gastos de personal		
	2.100.000 €		
	Gastos fijos y amortizaciones		
	3.500.000 €		
	Otros gastos		
	1.500.000 €		
Materias primas	Acero, aleaciones especiales, aluminio		
Productos	Techos, tubos de escape, elevalunas, etc.		



## 2. Procesos de producción

### 2.1. Memoria descriptiva de la instalación

La instalación cuenta con las siguientes áreas principales:

*Nave Diamante:*

- Zona de oficinas: se puede distinguir entre las oficinas de Dirección y Administración, situadas en la planta superior, y las oficinas de ensayos, situadas en la planta baja.
- Maquinaria de producción, prensado y matrizería.
- Aseos, duchas y vestuario.

*Nave Zafiro:*

- Edificio para administración, logística, almacén, fabricación, ensayos, utilaje, calidad, dureza, tracción, embutición y aseos.

*Nave Perla:*

- Esta nave dispone de una célula de soldadura robotizada y una prensa de soldadura por resistencia, prensas de producción, además de existir un par de puestos de montaje. Igualmente, existe un almacenamiento de producto terminado.
- Soldadura por resistencia.
- Transformador.
- Aseos.



*Nave Cristal:*

- Producción, zona de prensas y una pequeña zona de reparaciones y mantenimiento.

*Nave Topacio:*

- Almacenamiento de producto terminado.

*Nave Corindón:*

- Nave con zona de carga y producción y almacenamiento de las bobinas de chapa y zona de matrizería.

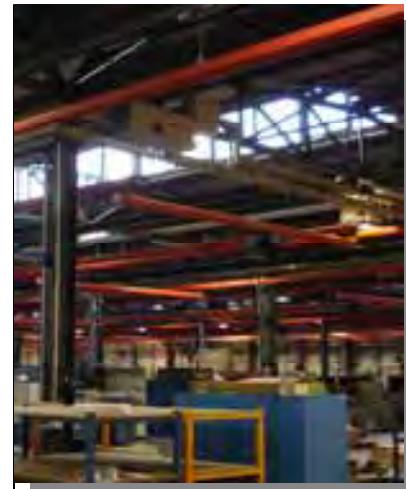
La totalidad de las instalaciones se ubica en una parcela de 7.240 m<sup>2</sup> de superficie total, de los que 5.170 m<sup>2</sup> son superficie construida y el restante está dedicado a almacenamiento y otros servicios auxiliares.



El reparto desglosado de la superficie según cada nave individual se puede observar en la Tabla 7.4.

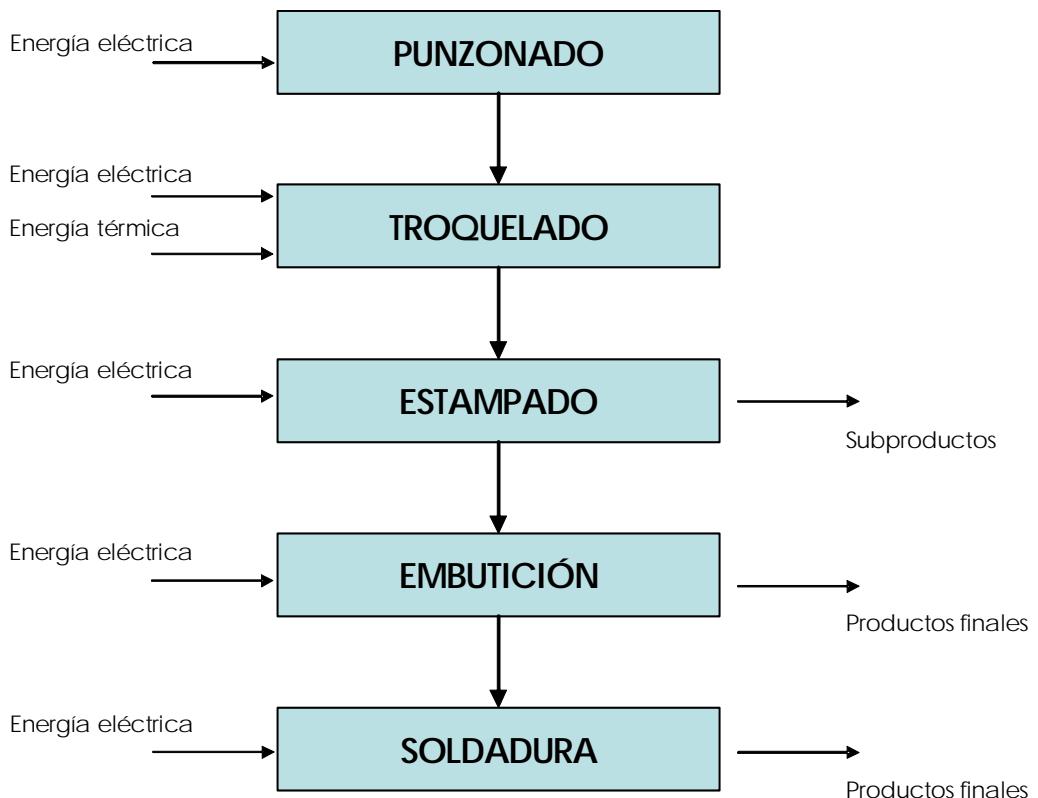
**Tabla 7.4.** Distribución de la superficie de las naves.

NAVE	SUPERFICIE PARCELA (m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE CONSTRUIDA (m <sup>2</sup> )	CON ENTREPLANTA
Diamante	1.856	1.706	SI
Zafiro	876	852	SI
Perla	516	496	SI
Cristal	755	625	-
Topacio	846	425	-
Corindón	2.391	1.066	-
<b>TOTAL</b>	<b>7.240</b>	<b>5.170</b>	



## 2.2. Diagrama de los procesos

Los principales procesos de fabricación se observan en el diagrama de la Fig. 7.1.



**Figura 7.1.** Diagrama de procesos de la empresa auditada.



## 2.3. Características de los principales consumidores de energía

A continuación se identifican los principales equipos consumidores de energía de las instalaciones.

### 2.3.1. Maquinaria de producción

Distribución de potencia eléctrica por área de la planta (solamente motores eléctricos y equipos principales): potencia total aproximada de la instalación: 2,04 MW.

Tabla 7.5. Potencia de los equipos principales.

NAVE DIAMANTE	
EQUIPO	POTENCIA (kW)
SPHERE 190 t	25
RELLING 170 t	25
SUELLER 300 t	25
LÍNEA	6
SUELLER 350 t	60
LÍNEA	6
ESLA 250 t	25
SUELLER 400 t	70
FH RED. 500 t	35
RELLING 200 t	28
RELLING 8000 t	80
LÍNEA	35
JOPSENG 250 t	25
LÍNEA	6
ZRECS 500 t	45
LÍNEA	6

NAVE PERLA	
EQUIPO	POTENCIA (kW)
SOLDADURA RESIST.	45
SERVIDS 200 t	195
SERVIDS 200 t	195
SOLDADURA RESIST.	80
HAREST	120

NAVE CRISTAL	
EQUIPO	POTENCIA (kW)
ZRECS I 800 t	80
LÍNEA	6
ZRECS II 800 t	80
LÍNEA	6
CIZALLA	8
SERVIDS 200 t	195
AUXER 125 t	15
ZRECS III 800 t	80
LÍNEA	6

NAVES TOPACIO Y CORINDÓN	
EQUIPO	POTENCIA (kW)
NEVORZ	140
LÍNEA	25
SERDOLF II	25
LÍNEA	20
SERDOLF III	140
LÍNEA	20

### 2.3.2. Generadores de aire caliente

La instalación dispone de 3 generadores de calor donde se genera el aire caliente para la calefacción de las naves de producción. La emisión del aire caliente es directa y no dispone de sistema de distribución.

Los equipos productores de calefacción tienen las siguientes características:

- *Dos generadores "Greelich"* con generador de 225.000 kcal/hora (261 kW). Fueron adquiridos hace más de 20 años.

El equipo auditor realizó medidas puntuales de temperatura de los gases de salida de estos generadores para valorar la eficiencia del equipo. Las medidas tomadas permiten estimar una eficiencia estacional de un 60 - 75%, aproximadamente. Al ser estos valores de eficiencia estacional muy bajos, se analizará en detalle su posible sustitución.

- Aparte de la caldera anterior, la empresa también dispone de una caldera de 245.000 kcal/hora (285 kW) con quemador 110.000 - 214.000 kcal/h de la marca "*Heat-System*", que ha sido adquirida recientemente, y se ha verificado que tiene unos valores de eficiencia estacional aceptables.



Foto 7.1. Vista general de la nave industrial con generadores de aire caliente.





### 2.3.3. Equipos para la climatización y aire acondicionado

La refrigeración para las naves de producción se basa en equipos evaporativos adiabáticos que se encargan de recircular el aire acondicionado por las naves.

Para la zona de las oficinas el sistema de generación y distribución de frío está compuesto por:

- A) Una máquina enfriadora que da servicio a todo el edificio de oficinas. Para la distribución del frío, el agua acondicionada alimenta a los climatizadores y a los *fancoils* existentes en cada una de las plantas.
- B) Equipos de climatización situados tanto en la cubierta del edificio (aire primario, vestíbulo, aula 80 y CED) como en los falsos techos de cada planta (climatizadoras reguladas manualmente en las dependencias).
- C) *Fancoils* de distribución de frío.
- D) Equipos de aire acondicionado independientes en algunos despachos concretos.

### 2.3.4. Producción de aire comprimido (compresores)

La instalación dispone de una sala de compresores para la producción de aire comprimido, aportado por un compresor fijo de 250 kW (150 CV) que tiene 15 años de antigüedad, y que actualmente se avería con mucha frecuencia, por lo que será conveniente su pronta sustitución.

### 2.3.5. Iluminación y alumbrado

Análisis de la iluminación según la distribución de la fábrica:

#### Oficinas:

Tanto las oficinas de Dirección y Administración como las de Producción y Metrología/Calidad, a excepción de algún despacho de la planta superior, cuentan con luz natural (a través de ventanales a la calle), evitándose los reflejos producidos por el sol mediante persianas o similares.

En cuanto a la iluminación artificial, en las oficinas de la planta superior se consigue mediante equipos fluorescentes de 4 x 36 W dotados de pantallas o difusores.



Foto 7.3. Ejemplo de iluminación de la zona de oficinas.

En cuanto a las oficinas de la planta baja, disponen de equipos fluorescentes similares, pero dotados de difusores y empotrados en un techo tipo Alston, el cual se encuentra a una altura aproximada de 3,5 - 4 metros.

#### Nave Diamante:

En esta nave también se cuenta con luz natural a través de tragaluces y ventanas situadas en los laterales de la nave, así como a través del portón.

La iluminación artificial se consigue mediante lámparas de descarga y equipos fluorescentes de 2 x 36 W con pantallas en la zona de matricería y de almacenamiento.

Cabe destacar que muchos de los equipos de producción llevan incorporados sistemas propios auxiliares de iluminación incorporados en la propia máquina.

**Nave Zafiro:**

Esta nave cuenta igualmente con luz natural, consiguiéndose la iluminación artificial mediante lámparas de descarga de 250 W y tubos fluorescentes de 36 W.

**Nave Perla:**

Las características de iluminación son similares a las de la nave Diamante.

**Naves Cristal, Topacio y Corindón:**

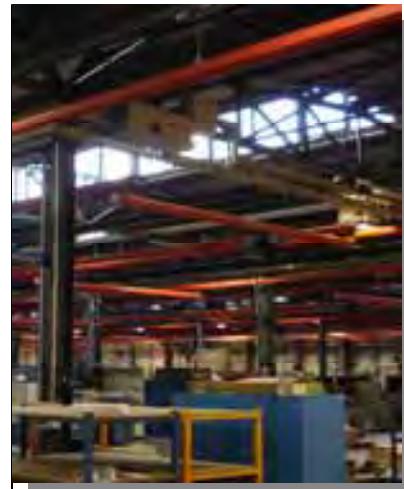
Estas naves cuentan igualmente con luz natural, consiguiéndose la iluminación artificial mediante lámparas de descarga. Además, en algunas de las prensas, existen equipos fluorescentes auxiliares.

En la Tabla 7.6 se puede ver la distribución de lámparas y luminarias de las instalaciones, así como sus correspondientes potencias y tipo de lámparas.

**Tabla 7.6.** Distribución de lámparas y luminarias.

NAVE DIAMANTE			
LUGAR	Unidades x Potencia	Pot. Total (W)	Tipo
Matricería	5 x 250 W	1.250	Halogenuros
	1 pantalla x 2 f. x 36 W	72	Fluorescentes
Producción	21 pantallas x 4 f. x 36 W	3.024	Fluorescentes
	21 x 250 W	5.250	Halogenuros
Vestuario	5 pantallas x 4 f. x 36 W	720	Fluorescentes
Aseos y duchas	4 pantallas x 2 f. x 36 W	288	Fluorescentes
Pasillo	13 pantallas x 2 f. x 36 W	936	Fluorescentes
NAVE ZAFIRO			
LUGAR	Unidades x Potencia	Pot. Total (W)	Tipo
Oficinas planta baja	19 pantallas x 4 f. x 36 W	2.736	Fluorescentes
Oficinas planta alta	11 pantallas x 2 f. x 36 W	792	Fluorescentes
	4 pantallas x 3 f. x 36 W	432	Fluorescentes
Nave almacén	14 x 250 W	3.500	Halogenuros
NAVE PERLA			
LUGAR	Unidades x Potencia	Pot. Total (W)	Tipo
Producción	4 x 250 W	1.000	Halogenuros
	17 pantallas x 2 f. x 36 W	1.224	Fluorescentes
Transformador	4 pantallas x 2 f. x 36 W	288	Fluorescentes
Comedor	4 pantallas x 2 f. x 36 W	288	Fluorescentes

NAVE CRISTAL			
LUGAR	Unidades x Potencia	Pot. Total (W)	Tipo
Pasillo	2 x 250 W	500	Halogenuros
Producción	12 x 250 W	3.000	Halogenuros
NAVES TOPACIO Y CORINDÓN			
LUGAR	Unidades x Potencia	Pot. Total (W)	Tipo
Producción	21 x 250 W	5.250	Halogenuros
ALUMBRADO EXTERIOR			
LUGAR	Unidades x Potencia	Pot. Total (W)	Tipo
Zona exterior	12 x 35 W	420	VSAP



La instalación dispone de algunos dispositivos de detección de presencia e interruptores horarios en sitios clave donde se produce una presencia esporádica, como, por ejemplo, en las zonas de aseos y duchas, comedor y sala de compresores. De esta forma, se ha conseguido un buen ahorro energético con un bajo nivel de inversión. Por el contrario, en la nave almacén la iluminación en muchas ocasiones permanece encendida innecesariamente y los trabajadores tienen que estar pendientes de su encendido y apagado.

Por ello, se recomendará la instalación de programadores horarios o de células fotosensibles en dicha nave.

También hay que citar que algunas de las máquinas de producción disponen de su propio sistema de iluminación a modo de refuerzo o de corrección de debilidades de la iluminación general.



Foto 7.4. Sistema de iluminación auxiliar.



### 2.3.6. Equipos de ofimática

La zona de oficinas de la nave Diamante dispone de 10 ordenadores de sobremesa y 3 ordenadores portátiles que están conectados, aproximadamente, el 50% de la jornada laboral. Asimismo, dispone de 3 impresoras en blanco y negro, una a color y un fax.

## 3. Análisis energético del centro

### 3.1. Fuentes de suministro energético

Las principales fuentes de suministro energético son: electricidad, gasóleo A, gasóleo B y gas butano.

Tabla 7.7. Datos de consumo energético de la industria.

CONSUMO ENERGÉTICO			
CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA (comprada y auto-producida)			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
Consumo eléctrico 2007 (kWh)	2.200.000	185.000	6.000
Coste eléctrico (€/mes)		18.800	
Coste medio del kWh		0,1016	
CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA (combustibles utilizados)			
	ANUAL	MENSUAL	DIARIO
Consumo térmico 2007 (kWh)	560.000	47.000	1.550
Coste térmico (€/mes)		3.800	
Coste medio del kWh		0,081	
PRODUCCIONES ENERGÉTICAS PROPIAS			
No disponen.			
OTRAS FUENTES DE SUMINISTRO ENERGÉTICO			
No disponen.			

#### 3.1.1. Consumo anual de energía eléctrica

La planta cuenta con una acometida en alta tensión con su correspondiente estación de transformación, que proporciona suministro a las naves de producción, almacenamiento y oficinas. La empresa suministradora es la compañía eléctrica ubicada en la zona.

#### Condiciones de suministro:

La empresa cuenta con un contrato de suministro para los sectores de producción, almacenamiento y oficinas.



Foto 7.5. Equipo de medida en la acometida eléctrica.

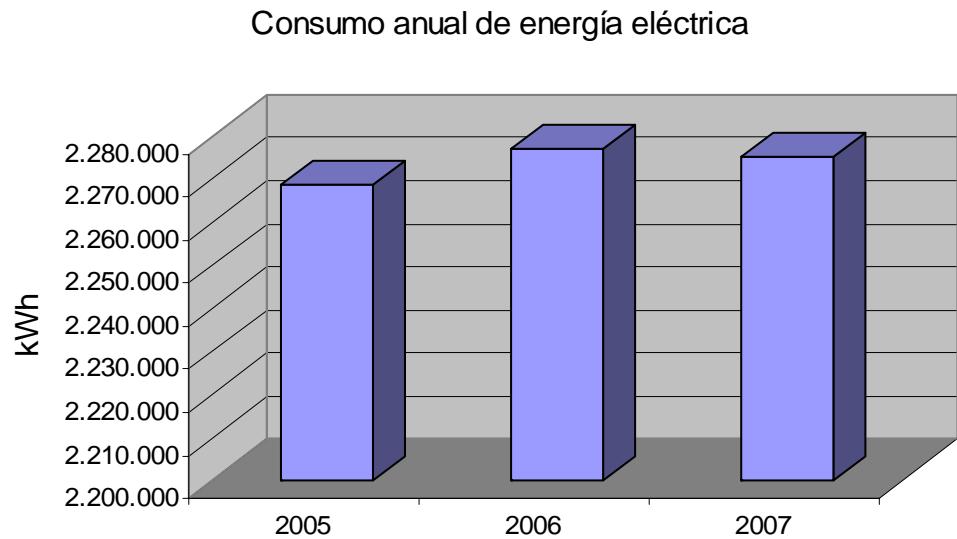
Tabla 7.8. Características de la acometida eléctrica.

ACOMETIDA NAVES PRODUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y OFICINAS	
Nº Contrato	5458288563164
Tarifa	1.1
Modo de facturación	2
Discriminación horaria (D.H.)	3
Potencia contratada (kW)	480

#### Consumo anual de energía eléctrica:

El consumo anual de energía eléctrica correspondiente al año 2007 fue de 2.275.000 kWh.

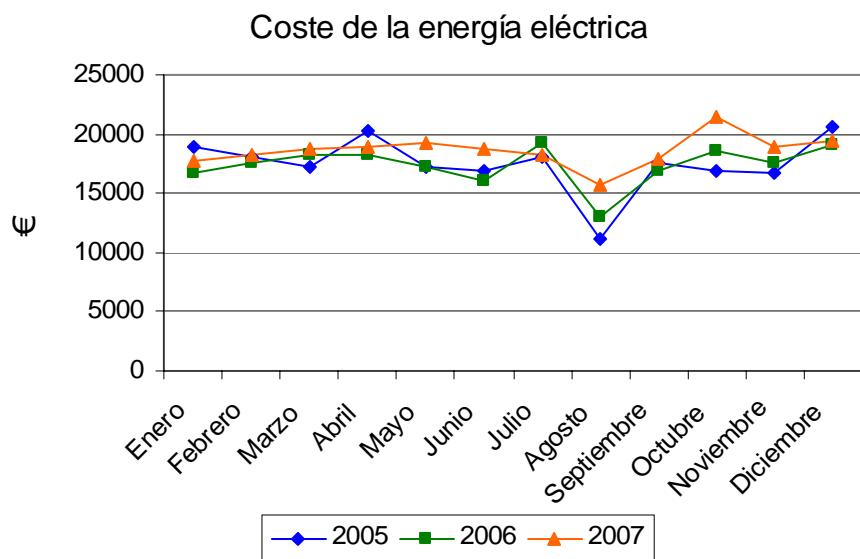
En la Fig. 7.2 se muestra la evolución del consumo de los últimos tres años.



**Figura 7.2.** Consumo anual de energía eléctrica durante los últimos 3 años.

#### **Coste de la energía eléctrica:**

El coste correspondiente al año 2007 asciende a 220.000 €. Su evolución se representa en la Fig. 7.3.



**Figura 7.3.** Evolución del coste de la energía eléctrica.

El coste medio del kWh eléctrico calculado para los últimos 36 meses (enero 2005 a diciembre 2007, ambos inclusive) es de 9,5 c€/kWh, ya incluidos en este precio los diversos complementos, impuestos, bonificaciones y penalizaciones.

El valor del kWh actualizado a mayo de 2008 es de 12,25 c€/kWh.

### 3.1.2. Consumo anual de combustibles

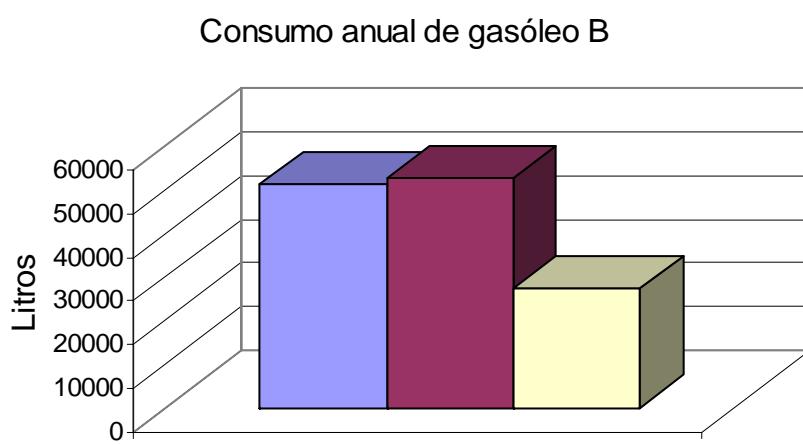
Los combustibles utilizados en la empresa son gasóleo tipo B (bonificado) para la calefacción de las naves y gasóleo tipo A y gas butano para el uso de algún equipo concreto.

#### Gasóleo:

El gasóleo B se consume para la calefacción de las zonas industriales, ya que en la correspondiente a la zona de oficinas y de administración se realiza por bombas eléctricas de calor. El combustible es suministrado por la empresa distribuidora de la zona. Para el uso de maquinaria específica se requiere el suministro de gasóleo A, en cantidades menores que el de tipo B para calefacción. El estudio de consumo se detalla a continuación.

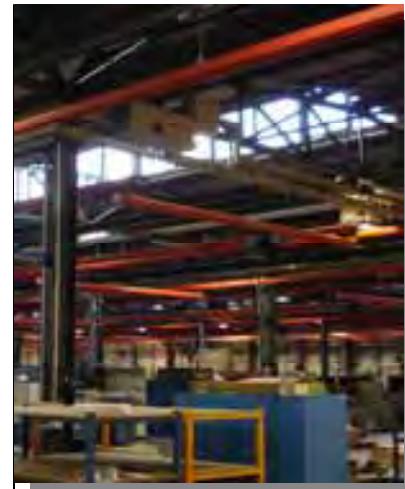
*Consumo anual de gasóleo B:*

El consumo de gasóleo B durante el año 2007 fue de 62.102 litros. En la Fig. 7.4 se indica la evolución de dicho consumo en los últimos tres años.



**Figura 7.4.** Evolución del consumo de gasóleo B.

El consumo de gasóleo es muy elevado debido a la baja eficiencia energética de los quemadores existentes y a las grandes dimensiones de las naves. Además, las puertas de acceso y salida permanecen abiertas frecuentemente.





### Gas butano:

Para el funcionamiento de algunos equipos específicos se requiere el consumo de gas butano, que es suministrado por la misma empresa que el gasóleo B. También se realizan suministros de propano, muy inferiores a los de butano y con carácter muy esporádico, por lo que no serán objeto del presente estudio.



Foto 7.6. Almacenamiento de bombonas de gas butano.

### 3.1.3. Producciones energéticas propias

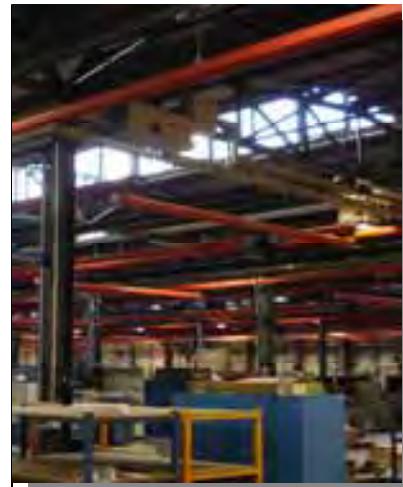
No existen en la planta producciones energéticas propias con fuentes renovables, por lo que en posteriores fases de este informe se estudiará la conveniencia y aplicabilidad de una implantación de este tipo de energía (solar fotovoltaica, solar térmica y quemador de biomasa).

### 3.2. Distribución del consumo energético por actividades

Se discriminan los diferentes consumos energéticos por actividades para analizar la repercusión de las mismas en los consumos y costes totales de la industria.

**Tabla 7.9.** Distribución del consumo eléctrico por actividad.

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS ELÉCTRICOS (kWh)			
Consumo de energía eléctrica	ANUAL	MENSUAL	%
Sistemas de compresión	1.760.000	148.000	80,0
Iluminación y alumbrado	110.000	9.250	5,0
Equipos de climatización	330.000	27.750	15,0
TOTAL	2.200.000	185.000	100,0



**Tabla 7.10.** Distribución del consumo térmico por actividad.

DISTRIBUCIÓN DE LOS CONSUMOS TÉRMICOS (kWh)			
Consumo de energía térmica	ANUAL	MENSUAL	%
Calefacción	558.000	46.500	99,6
Otros procesos	2.000	100	0,4
TOTAL	560.000	46.600	100,0

## 4. Mediciones y registros de datos

### 4.1. Mediciones eléctricas

La acometida de la planta industrial dispone de un transformador, tanto para el compresor como para el resto de consumidores. En dicho transformador se ha colocado el equipo analizador de redes, analizándose los datos obtenidos.



**Foto 7.7.** Conexión del analizador de redes en la acometida.



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

El periodo de la medición ha sido desde el 18 de septiembre hasta el 24 de septiembre de 2008 con mediciones realizadas sistemáticamente cada 5, 10 o 15 minutos, dependiendo de la variable a medir. Se han medido las siguientes variables:

- Potencia consumida (curva de carga) (kW).
- Factor de potencia ( $\cos\phi$ ).
- Tensión (V).
- Intensidades de línea (A).
- Armónicos (%).

### Potencia consumida (kW)

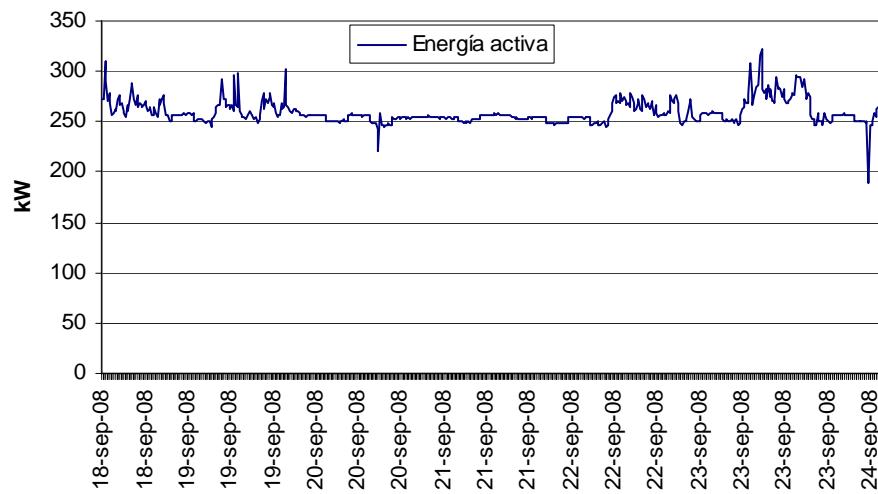
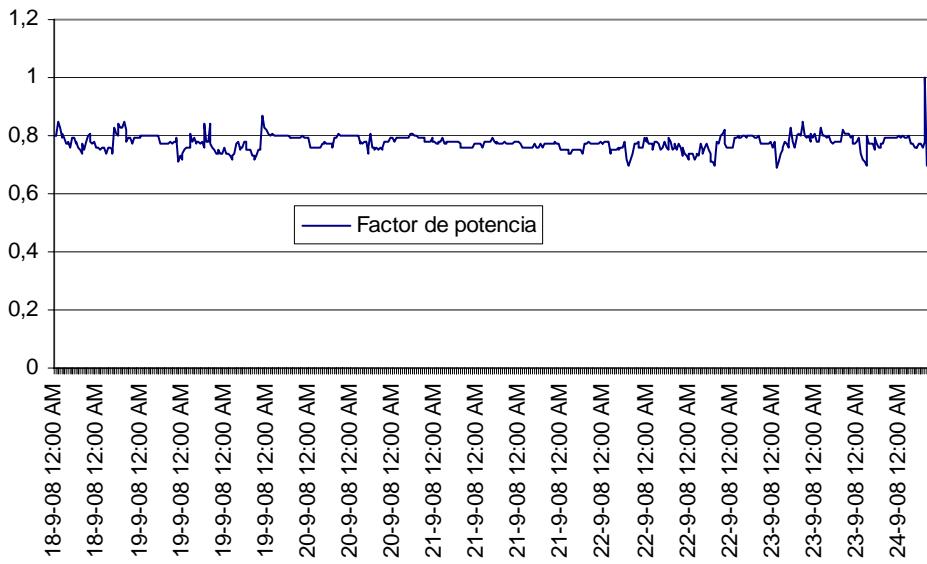


Figura 7.5. Curva de carga.

Durante los días laborables se produce un primer periodo de gran consumo entre las 10 a.m. y las 14 a.m. dependiendo de las circunstancias particulares de cada día (se pasa en 15 minutos de unos valores mínimos que rondan los 255 kW de consumo hasta más de 300 kW en tan sólo una hora). Estos picos de consumos se producen con el periodo de máxima actividad de la factoría.

El consumo medio por hora en jornada laboral se aproxima a unos 265 kW. Durante la noche y en los fines de semana se registran consumos medios constantes de 250 kW. Estos valores son muy altos, ya que ha existido actividad industrial durante dichos periodos en las fechas de la medición del equipo auditor.

## Factor de Potencia ( $\cos \phi$ )



**Figura 7.6.** Medición del factor de potencia.

El factor de potencia representa la relación entre la energía activa (kWh) y la reactiva (kVArh) consumida. La energía activa es la que produce un trabajo útil, mientras que la energía reactiva es la que proporciona el suministro magnético necesario para el funcionamiento de algunos equipos y, desde un punto de vista práctico, la que sobrecarga las líneas de distribución. La suma de estas dos es la energía aparente.

El valor óptimo del factor de potencia es 1, lo que significaría que no existe consumo de reactiva. Además, esta situación tiene la siguiente repercusión en la factura eléctrica mediante una bonificación por producción de energía reactiva. Para valores bajos del factor de potencia (< 0,8) se generarían problemas en la corriente y en los equipos, provocando picos de potencia, mayores consumos eléctricos y un descenso en la vida útil del equipo.

El factor de potencia de esta instalación tiene valores que rondan el intervalo entre 0,7 y 0,85 constantemente. Estos valores tan bajos se producen por los variadores de frecuencia que llevan instalados los equipos y la falta de una batería de condensadores que lo contrarreste.



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

Dada la reciente adquisición de estos equipos, se recomienda la instalación de una batería de condensadores, de filtros pasivos o de cualquier otro dispositivo que ayude a compensar el consumo en energía reactiva, siempre que afecte al gasto en la factura eléctrica.

### Tensión (V)

En la Fig. 7.7 se puede observar que las variaciones se encuentran dentro de los límites normales, alrededor de los 400 V, sin superar en ningún caso el 5% de desviación, con valores mínimos de 393 V y máximos de 415 V.

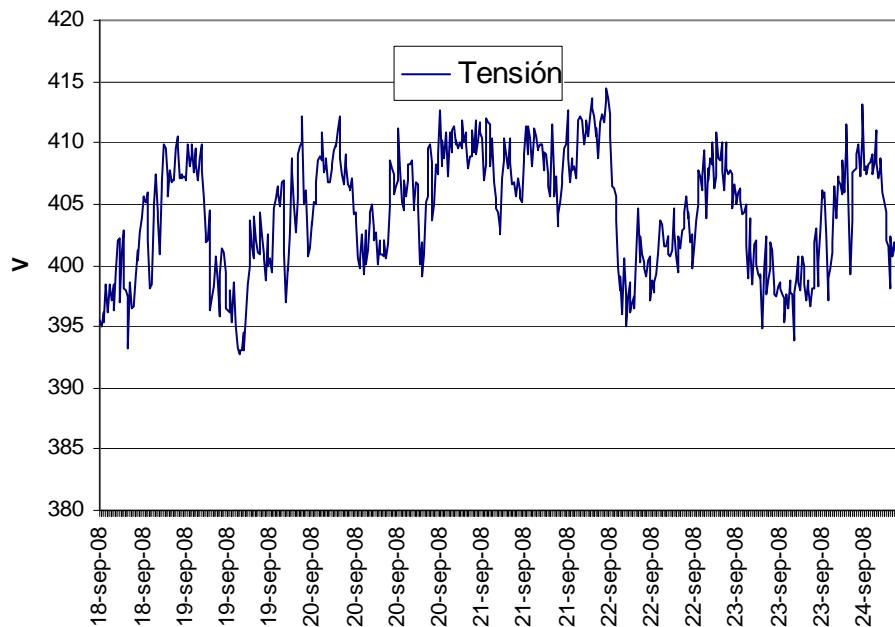


Figura 7.7. Medición de la tensión.

### Intensidades de Línea (I1, I2, I3)

Durante las horas de mayor uso de la electricidad, en el horario diario laboral, las líneas mantienen las mismas tendencias y valores muy cercanos.

La evolución de las intensidades de línea de las tres fases durante las horas de la noche y los días del fin de semana, en los que algunos de los sistemas y equipos del edificio permanecen apagados, también mantienen las mismas tendencias y valores similares, por lo que puede concluirse que el consumo está compensado.

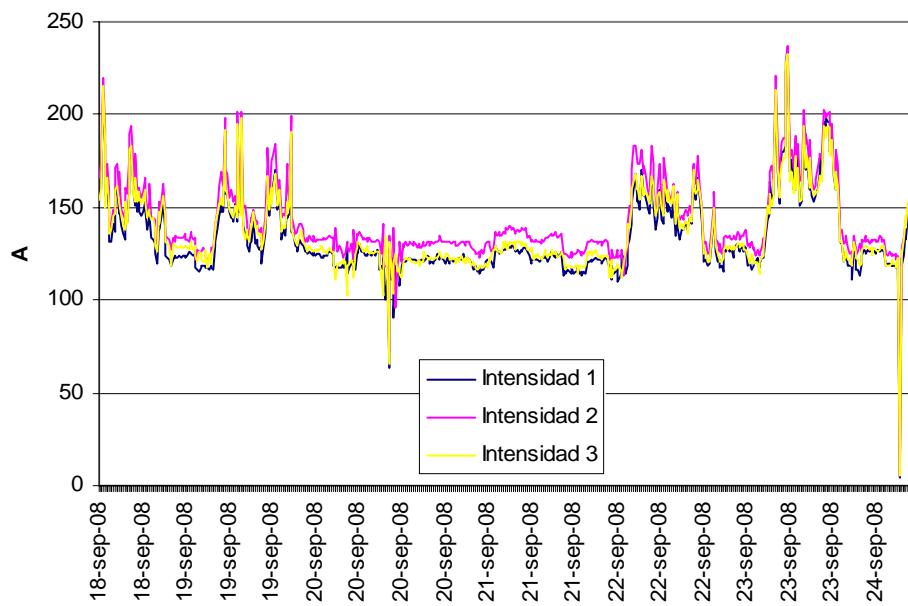


Figura 7.8. Medición de las intensidades de línea.

En caso de conectar nuevos equipos, se recomienda utilizar las líneas 1 y 3, ya que la línea 2 es la que soporta una mayor carga en la actualidad.

### Armónicos (THD)

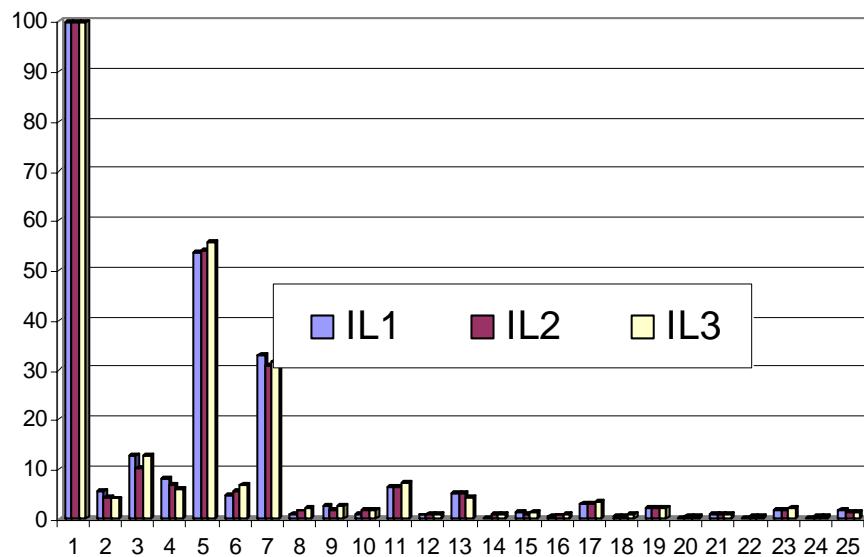


Figura 7.9. Medición de los armónicos.

Los valores de distorsión armónica total obtenidos para cada una de las fases son los que se recogen en la Tabla 7.11.

**Tabla 7.11.** Índice de distorsión armónica.

ÍNDICE DE DISTORSIÓN ARMÓNICA	
THD (IL1)	66,7
THD (IL2)	65,4
THD (IL3)	67,5

Se observan valores bastante elevados en los armónicos de orden 5º, hasta un 50% de la onda fundamental, y en el de orden 7º, un 30%. Un poco más bajo, pero también destacable, en el armónico de orden 3º. Estos armónicos suelen estar provocados por equipos con variadores de velocidad, por instalaciones SAIs o por equipos con convertidores de frecuencia, como sucede en este caso.

El Índice de Distorsión Armónica (THD) representa la relación de las componentes armónicas de tensión (o intensidad) respecto de la tensión (o intensidad) fundamental. El THD obtenido para las intensidades de los equipos de compresión presenta valores superiores al 65%. Este dato es excesivamente alto, y concluye que en el funcionamiento de esta instalación se producen consumos excesivos además de un mayor deterioro de los equipos.

Se aconseja la instalación de filtros pasivos que reduzcan los valores de estos armónicos y así se consiga que la instalación funcione de manera más eficiente. En el mercado existe un amplio abanico de dispositivos para la compensación de armónicos y del factor de potencia.

#### 4.2. Mediciones del rendimiento térmico (%)

En las instalaciones de este estudio, los principales equipos de combustión son los tres quemadores para calefactar las plantas de producción, cuyas medidas se recogen según los datos aportados por la empresa y los obtenidos mediante las mediciones del analizador de gases de combustión.

**Tabla 7.12.** Mediciones en el quemador Greelich.

QUEMADOR GREELICH I					
Temp. Humo (ºC)	Temp. Aire (ºC)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Exceso de aire	Eficiencia (%)
186	20	6,4	8,3	2,1	65,2
193	18	6,8	8,3	2,5	63,0
195	19	6,3	8,2	2,2	60,9

**Tabla 7.13.** Mediciones en el quemador Greelich II.

QUEMADOR GREELICH II					
Temp. Humo (°C)	Temp. Aire (°C)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Exceso de aire	Eficiencia (%)
188	21	6,9	8,5	2,8	62,2
191	18	6,8	8,1	2,6	61,5
184	20	7,1	8,0	2,3	62,1

**Tabla 7.14.** Mediciones en el quemador Heat-System.

QUEMADOR Heat-System					
Temp. Humo (°C)	Temp. Aire (°C)	O <sub>2</sub> (%)	CO <sub>2</sub> (%)	Exceso de aire	Eficiencia (%)
159	20	6,8	8,2	2,5	80,5
165	21	7,0	7,9	2,1	81,9
171	19	6,5	7,6	3,1	80,5

La eficiencia de los 2 quemadores Greelich es del 60 - 65%, es decir, un valor por debajo de los rendimientos normalmente aceptables, por lo que se estudiará la posibilidad de su sustitución en el correspondiente apartado de mejoras.

Por el contrario, las mediciones del quemador Heat-System proporcionan valores que se consideran aceptables.

#### 4.3. Mediciones de luminosidad, temperatura y humedad en lugares de trabajo

##### Illuminación

Se han realizado mediciones del nivel de iluminación en las distintas zonas de la instalación en función de su uso y se han comparado con los niveles recomendados por la norma *UNE-EN 12464-1:2003* para iluminación de los lugares de trabajo en interiores. La norma establece un valor de iluminancia media para cada tarea por debajo del cual no puede caer el nivel de iluminación independientemente de la edad y estado de la instalación.

La altura de la medición variará según el puesto de trabajo a medir. Por ello, en mesas y puestos de trabajo similares, la altura de medición ha sido de 75 centímetros respecto al suelo; en pasillos y lugares de trabajo en los que el trabajador tenga que estar de pie y erguido, la altura de medición será de 160 centímetros; y en aquellas máquinas que exijan una determinada posición del trabajador, la altura de la



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

medición será aquella a la que se estime que es su altura de visión más frecuente.



Foto 7.8. Equipo de medida de los niveles de iluminación.

A continuación se muestran las tablas con los resultados obtenidos:

Tabla 7.15. Estudio de luminosidad en las oficinas de la planta superior.

OFICINAS PLANTA SUPERIOR		
PUES-TO/EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL ILUMINACIÓN (luxes)	RECOMENDACIÓN INSHT (luxes)
PVD	650	500 - Mantener
PVD	525	500 - Mantener
PVD	850	500 - Mantener
PVD	755	500 - Mantener
PVD	510	500 - Mantener
PVD	370	500 - Aumentar
PVD	610	500 - Mantener
PVD	880	500 - Mantener
PVD	890	500 - Mantener

OFICINAS PLANTA BAJA		
PUES-TO/EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL ILUMINACIÓN (luxes)	RECOMENDACIÓN INSHT (luxes)
PVD	520	500 - Mantener
PVD	680	500 - Mantener
PVD	900	500 - Mantener
PVD	950	500 - Mantener
PVD	890	500 - Mantener
PVD	700	500 - Mantener
Grimil alturas dig.	750	500 - Mantener
PVD	560	500 - Mantener
PVD	550	500 - Mantener
Tridimensional	290	500 - Aumentar
Ensayo dureza	650	500 - Mantener
Ensayo tracción	620	500 - Mantener
PVD	650	500 - Mantener

NAVE DIAMANTE		
PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL ILUMINACIÓN (luxes)	RECOMENDACIÓN INSHT (luxes)
Pasillo circulación	65	150 - Aumentar
Pasillo circulación	55	150 - Aumentar
Prensa	450	300 - Mantener
Prensa	460	300 - Mantener
Prensa	500	300 - Mantener
Prensa	550	300 - Mantener
Prensa	450	300 - Mantener
Prensa	350	300 - Mantener
Prensa	360	300 - Mantener
Prensa	300	300 - Mantener
Prensa	360	300 - Mantener
Prensa soldadura	550	300 - Mantener
Prensa soldadura	455	300 - Mantener
Prensa soldadura	460	300 - Mantener
Prensa	350	300 - Mantener
Prensa	360	300 - Mantener
Prensa	720	300 - Mantener
Pasillo circulación	80	150 - Aumentar
Torno	600	500 - Mantener
Torno	620	500 - Mantener
Fresadora	550	500 - Mantener
Fresadora	675	500 - Mantener
Tronzadora cinta	485	300 - Mantener
Sierra cinta vertical	500	300 - Mantener
Taladro columna	650	300 - Mantener
Rectificadora	650	500 - Mantener
Rectificadora	650	500 - Mantener
Electroerosión	725	500 - Mantener
NAVE ZAFIRO		
PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL ILUMINACIÓN (luxes)	RECOMENDACIÓN INSHT (luxes)
Pasillo circulación	30	150 - Aumentar
Pasillo circulación	35	100 - Aumentar
Pasillo circulación	60	100 - Aumentar
Pasillo circulación	20	100 - Aumentar
Pasillo circulación	50	100 - Aumentar
Pasillo circulación	35	150 - Aumentar
Pasillo circulación	110	100 - Mantener
NAVE PERLA		
PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL ILUMINACIÓN (luxes)	RECOMENDACIÓN INSHT (luxes)
Montaje	350	300 - Mantener
Prensa	520	300 - Mantener
Soldadura manual	525	300 - Mantener
Prensa de soldadura	660	300 - Mantener
Célula robotizada	815	300 - Mantener





NAVES CRISTAL-TOPACIO-CORINDÓN		
PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO	NIVEL ILUMINACIÓN (luxes)	RECOMENDACIÓN INSHT (luxes)
Pasillo circulación	85	100 - Aumentar
Prensa	890	300 - Mantener
Prensa	450	300 - Mantener
Prensa	555	300 - Mantener
Prensa	650	300 - Mantener
Pasillo circulación	200	150 - Mantener
Prensa	450	300 - Mantener
Prensa	525	300 - Mantener
Prensa	360	300 - Mantener
Prensa	325	300 - Mantener
Prensa	525	300 - Mantener
Prensa	655	300 - Mantener
Prensa	930	300 - Mantener
Prensa	625	300 - Mantener
Prensa	850	300 - Mantener
Prensa	450	300 - Mantener
Taladro columna	400	300 - Mantener
Banco de trabajo	500	300 - Mantener
Sierra vertical	650	300 - Mantener
Banco trabajo	540	300 - Mantener

Todos los puestos cumplen con los requisitos del *Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo*, excepto algunos de los pasillos que tienen un déficit en los niveles de iluminación, pero, por ser sólo de tránsito transitorio, no revisten especial gravedad.

### Temperatura y humedad

Se han realizado mediciones de la temperatura y humedad interiores en distintas zonas de las instalaciones con el objeto de evaluar las condiciones interiores. Las medidas, correspondientes al periodo de otoño, se realizaron con las condiciones exteriores medias siguientes:

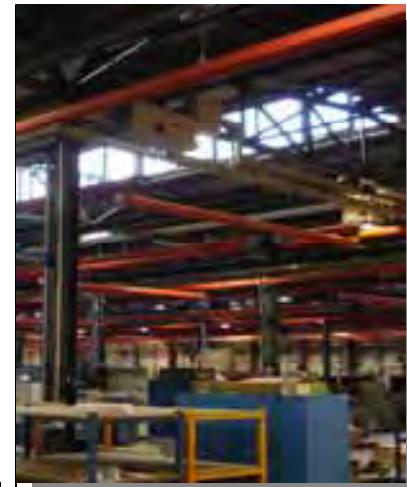
**Tabla 7.16.** Valores de temperatura y humedad exteriores.

CONDICIONES EXTERIORES	
Temperatura	21 °C
Humedad	45%

Para evaluar las condiciones interiores de las instalaciones se han realizado mediciones de temperaturas y humedades con sonda termohigrométrica y de temperatura.

En la Tabla 7.17 se muestran las medidas de temperatura y humedad interiores correspondientes al periodo de otoño, realizadas en las diferentes naves de la empresa.

**Tabla 7.17.** Temperatura y humedad en las dependencias.



<b>OFICINAS PLANTA SUPERIOR</b>		
<b>PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
PVD	42,5	24,2
PVD	42,4	24,1
PVD	42	23,6
PVD	42,6	23,2
PVD	43,1	21,5
PVD	41,9	22,2
PVD	42,3	21,2
PVD	42,5	21,2
PVD	42,6	20,9

<b>OFICINAS PLANTA BAJA</b>		
<b>PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
PVD	42,4	20,6
PVD	42,4	20,8
PVD	42,4	21,8
PVD	42,6	21,5
PVD	42,9	20,6
PVD	42,4	20,9
Grimil alturas dig.	42,9	20,8
PVD	42,4	20,4
PVD	42,4	21,5
Tridimensional	42,2	21,3
Ensayo dureza	42,5	21,4
Ensayo tracción	42,4	21,5
PVD	42,5	22,3
<b>NAVE ZAFIRO</b>		
<b>PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
Pasillo circulación	42,1	20,1
Pasillo circulación	42	22,3
Pasillo circulación	42	22,6
Pasillo circulación	42	20,8
Pasillo circulación	42,1	20,7
Pasillo circulación	42,1	20,4
Pasillo circulación	42,5	20,1
<b>NAVE PERLA</b>		
<b>PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO</b>	<b>HUMEDAD (%)</b>	<b>TEMPERATURA (°C)</b>
Montaje	42,5	21,8
Prensa	42,8	22,4
Soldadura manual	43,2	22,7
Prensa de soldadura	43,1	21,6
Célula robotizada	42,4	22,5



NAVE DIAMANTE		
PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)
Pasillo circulación	42,8	22,1
Pasillo circulación	42,6	20,5
Prensa	42,5	20,6
Prensa	42,6	22,5
Prensa	42,6	24,2
Prensa	41,8	23,9
Prensa	42,9	23,9
Prensa	42,7	20,6
Prensa	42,7	21,4
Prensa	42,8	24
Prensa	42,5	23,2
Prensa soldadura	42,6	20,2
Prensa soldadura	42	20,5
Prensa soldadura	42	23,2
Prensa	42,3	21,2
Prensa	42,3	21,1
Prensa	42,7	21,5
Pasillo circulación	42,7	22
Torno	42,6	21,4
Torno	42,4	21,6
Fresadora	42,5	22,2
Fresadora	42,6	22,6
Tronzadora cinta	42,8	22,7
Sierra cinta vertical	41,9	21,8
Taladro columna	41,9	22,1
Rectificadora	42,6	23,2
Rectificadora	42,6	23,2
Electroerosión	42,7	20,5

NAVES CRISTAL-TOPACIO-CORINDÓN		
PUESTO/EQUIPO DE TRABAJO	HUMEDAD (%)	TEMPERATURA (°C)
Pasillo circulación	42,1	21,9
Prensa	42,5	21,6
Prensa	42,4	22,5
Prensa	42,1	24
Prensa	42,4	23,7
Pasillo circulación	42	22,9
Prensa	42,7	21,6
Prensa	42,7	22,3
Prensa	42,6	23,2
Prensa	42,1	21,5
Prensa	42,7	21,6
Prensa	42,5	22,9
Prensa	42,6	21,5
Prensa	42,4	21,6
Prensa	42,5	22,3
Prensa	42,8	21,5
Taladro columna	41,8	21,6
Banco trabajo	42,2	21,5
Sierra vertical	42,1	21
Banco trabajo	42,6	21,8

Se observa que todos los valores de temperatura y humedad registrados se encuentran dentro de un mismo rango, y están dentro de los indicados por el *Reglamento de Seguridad e Higiene (RD 486/1997)* y de las recomendaciones del *RITE*.



## 5. CONSUMOS ESPECÍFICOS Y COSTES ENERGÉTICOS

### 5.1. Consumos específicos de energía en el establecimiento

#### Consumo de electricidad por elemento producido

Para los cálculos de consumo de electricidad por pieza producida, se consideran los referidos a una pieza media, debido a la gran diversidad de productos fabricados por la empresa.

El consumo eléctrico medio por pieza producida es de 0,1326 kWh.

En la Fig. 7.10 se muestra el ratio del consumo anual de electricidad por pieza fabricada durante los tres últimos años.

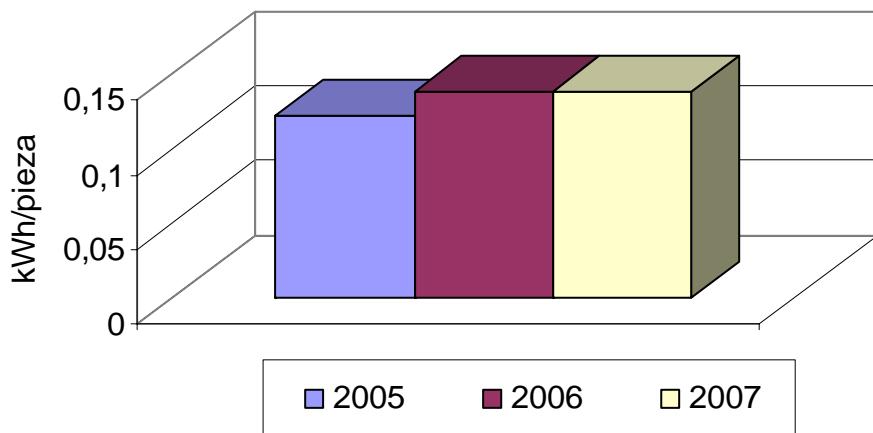


Figura 7.10. Consumo eléctrico por pieza fabricada.

#### Consumo eléctrico mensual por pieza

En la Fig. 7.11 se muestra el ratio consumo mensual de electricidad por pieza producida.

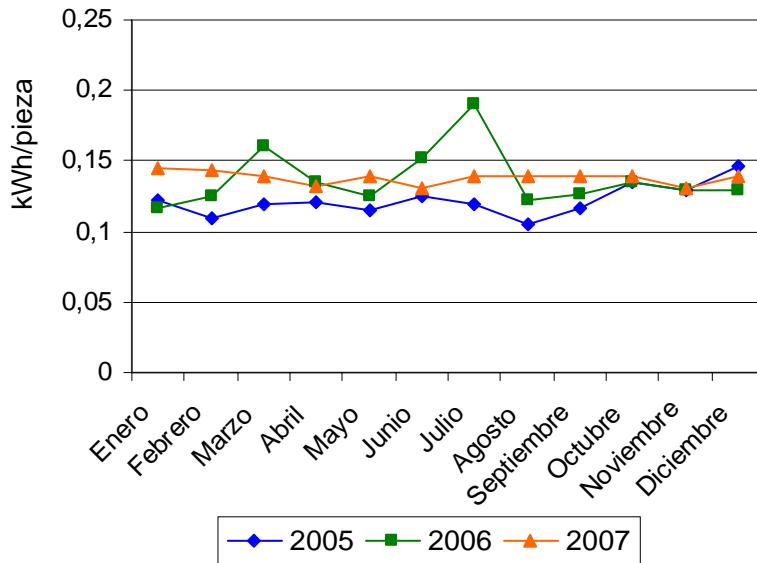


Figura 7.11. Consumo eléctrico mensual por pieza fabricada.

La evolución gráfica del consumo muestra que todos los valores mantienen continuidad, solamente interrumpida por el pico registrado durante el mes de julio del año 2006. Analizando en detalle esta singularidad se observa que, en dicho mes, se produjo una producción muy inferior a las de los meses adyacentes, en torno al 25% y 35% inferior a éstas, mientras que los consumos eléctricos disminuyeron pero no en la misma proporción a la producción.

## 5.2. Coste energético del establecimiento, factura energética y tarifas aplicadas

### Energía eléctrica

Analizando el suministro de energía eléctrica y la tarifa aplicada se observa que esta empresa puede mejorar su tarifa obteniendo un mejor precio del kWh.

A continuación, en la Fig. 7.12, se muestra la evolución mensual del coste unitario del kWh eléctrico.

El coste unitario medio correspondiente al periodo 2005-2007 es de 0,095 €/kWh. En mayo del 2008 el precio unitario fue de 0,1225 €/kWh.

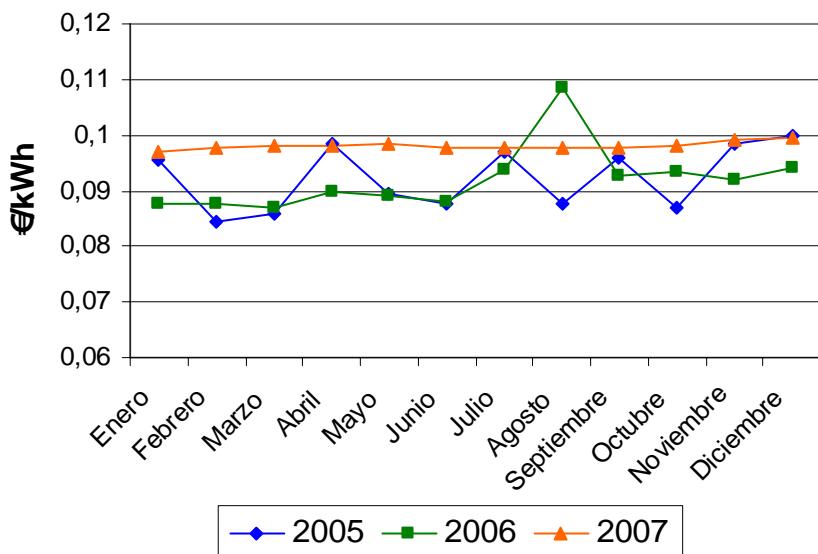


Figura 7.12. Coste unitario de la energía eléctrica.

## Gasóleo

La evolución del coste unitario del gasóleo B (€/litro) se representa en la Fig. 7.13.

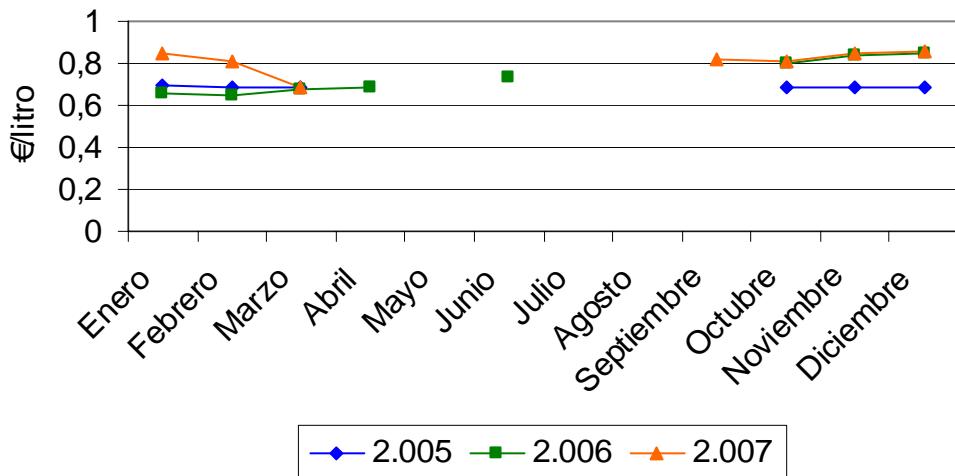


Figura 7.13. Coste unitario del gasóleo B.

Según la figura anterior, el coste de la energía térmica sufre un ligero crecimiento en los primeros y últimos meses del año, coincidiendo con los períodos de mayor demanda de energía térmica.

El coste unitario medio correspondiente al periodo 2005 - 2007 es de 72,6 c€/litro.



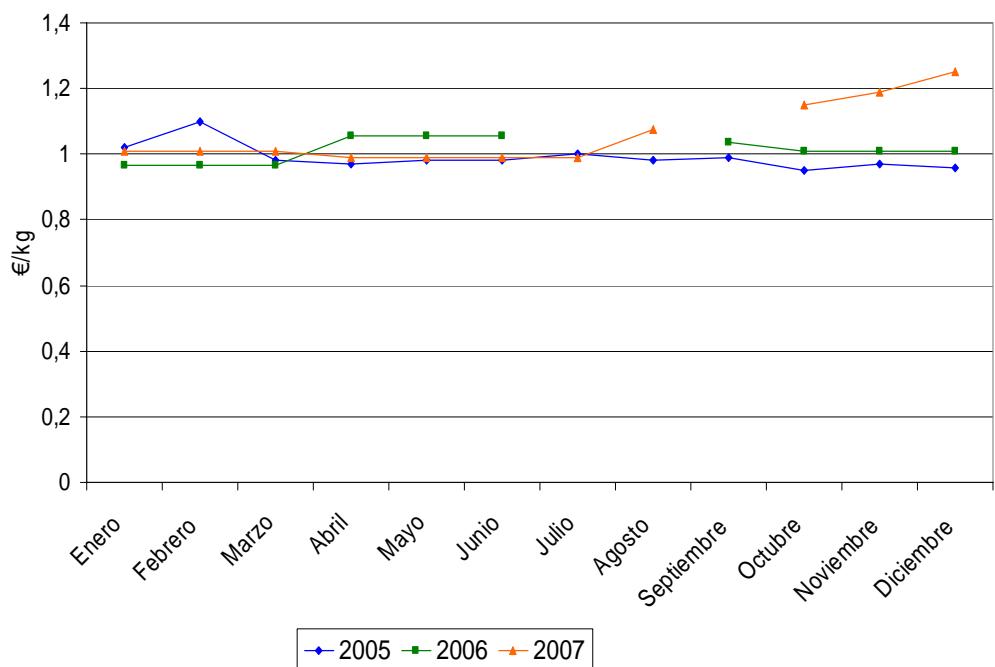
## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

Los meses en los que no hay registrados valores de consumos se debe a que no se realizaron pedidos.

### Gas butano

El suministro de gas butano se realiza por la misma empresa distribuidora que el gasóleo B.

La evolución del coste unitario del gas butano (€/kg) se representa en la Fig. 7.14.



**Figura 7.14.** Coste unitario del gas butano.

El coste unitario medio correspondiente al periodo 2005 - 2007 es de 1,067 €/kg.

Según la gráfica anterior, el coste de la energía térmica sufrió un aumento significativo durante el último tercio del año 2007.

### 5.3. Comparación de los consumos eléctricos específicos con otros de su actividad medios en España y en la U.E.

Se ha realizado una comparación de datos de consumo específico eléctrico por pieza media producida en la empresa de estudio con datos de otros proyectos similares. Se ha utilizado información o estu-

dios sectoriales actualizados sobre industrias manufactureras de útiles de automoción en España y la Unión Europea.

Como resultado del análisis comparativo se obtiene que el consumo específico es superior en un 12% a la media de otras empresas del sector, con lo que hay que analizar a qué se debe ese mayor consumo y buscar las mejoras correspondientes para reducirlos.



#### **5.4. Repercusión de la energía en los costes variables**

El coste de la energía consumida en la planta, para el año 2007, es la suma de los siguientes capítulos (en €):

Consumo de energía eléctrica: 225.992,57 €

Consumo de gasóleo: 50.364,7 €

TOTAL 276.357,27 €

El consumo de energía supone un 33,2% de los costes variables de la planta.

#### **6. MEJORAS DETECTADAS EN LA AUDITORÍA ENERGÉTICA**

La auditoría energética ha permitido determinar las siguientes actuaciones para mejorar la eficiencia energética de la Planta:

##### **Mejora 1: Renegociación del precio del kWh con la compañía eléctrica**

##### **Análisis de la mejora**

Desde junio del 2008 se ha producido una modificación en las tarifas eléctricas, produciéndose una liberalización de los mercados para los pequeños y medianos consumidores que permite una mayor flexibilidad en la negociación de los precios de electricidad.

Esta nueva situación del mercado eléctrico permite obtener un precio eléctrico unitario del kWh mucho más ventajoso y competitivo que el



actualmente contratado (dicho precio eléctrico unitario actualizado a mayo del 2008 es de 0,1225 €/kWh).

Con la nueva situación del mercado, el precio final está condicionado por una buena gestión de negociación del precio con las compañías eléctricas, y no por las condiciones fijas de la tarifa contratada, como se venía haciendo hasta ahora. Pero hay que tener en cuenta que se prevé una subida en los precios para los próximos años.

Para el estudio de los resultados que se obtendrían al aplicar esta mejora en la factura eléctrica de la industria auditada, se estima una reducción hipotética en el precio del kWh de un 2% con respecto al precio actual (este valor de reducción de un 2% es el conseguido en las negociaciones de empresas de actividades, tamaños y consumos energéticos similares). Los posibles resultados económicos previstos a consecuencia de esta medida se representan gráficamente en la Fig. 7.15.

**Tabla 7.18.** Estudio económico de la mejora.

ABARATAMIENTO DEL PRECIO DEL kWh	
Coste inversión (€)	0,00
Consumo eléctrico anual medio (kWh) (2007)	2.275.000
Precio kWh (mayo 2008) (€)	0,1225
Precio kWh aplicada reducción 2%	0,1200
Coste eléctrico anual actual (€)	278.700
Coste eléctrico anual reducido (€)	273.000
Ahorro estimado anual (€)	5.700
Periodo de retorno	Instantáneo

### Recomendaciones

Esta medida tiene una implantación sumamente sencilla, ya que no necesita ningún tipo de inversión, con lo que el periodo de retorno es prácticamente instantáneo. La implantación sólo requiere de una ágil negociación y de un estudio de las diferentes alternativas del mercado, con ello se puede conseguir una reducción en la factura del 2% por kWh. Se recomienda llevar a cabo esta mejora.



## RENEGOCIACIÓN DE LA TARIFA ELÉCTRICA

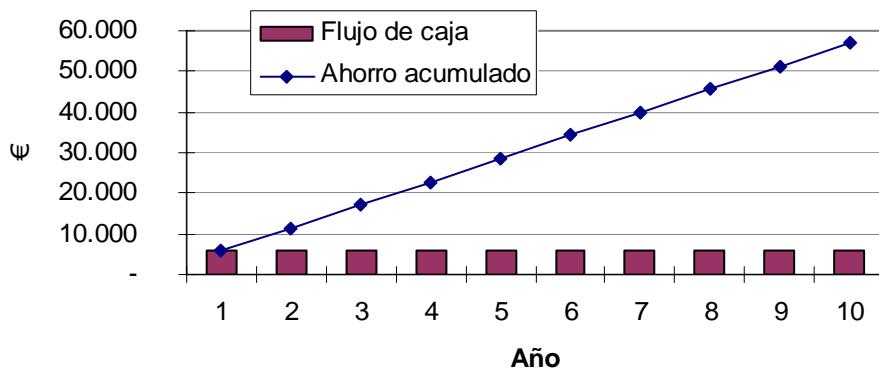


Figura 7.15. Evolución del ahorro y flujo de caja.

### Mejora 2: Sustitución del compresor antiguo por dos compresores

#### Análisis de la mejora

La mejora consiste en la sustitución de un compresor antiguo de 250 kW por dos compresores nuevos de 150 kW cada uno, uno de ellos con variador de velocidad incorporado, con secador frigorífico y un separador de agua/aceite. El compresor con variador de velocidad funciona permanentemente y cuando la demanda de potencia supera los 150 kW comienzan a trabajar simultáneamente. Se estima que esta situación de simultaneidad sólo se da el 15% del tiempo de funcionamiento.

De esta forma, básicamente trabaja uno sólo de los compresores, consiguiéndose que la potencia útil sea exactamente la demandada por las necesidades de la planta en cada momento, y no 250 kW permanentemente.

Para el estudio de esta mejora aplicada a los 2 compresores se estimará un valor continuo de potencia de 150 kW, que englobará los tiempos en los que los consumos son menores y los tiempos con potencia superior a 150 kW.

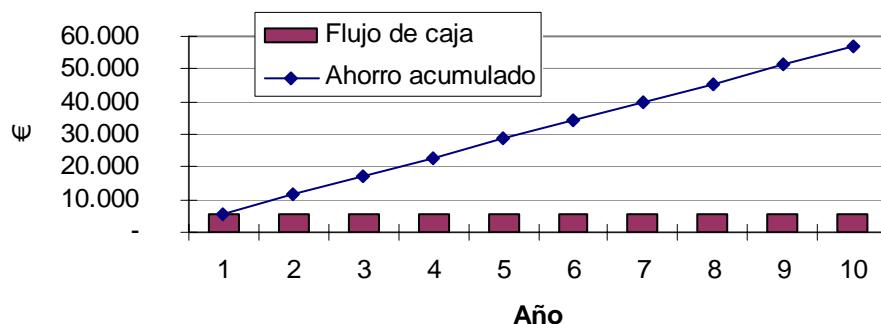
#### Recomendaciones

Se recomienda esta sustitución de equipos ya que el ahorro económico anual es muy elevado, y consecuentemente el periodo de retorno de la inversión es de corto plazo.

**Tabla 7.19.** Estudio económico de la mejora.

ESTUDIO ECONOMICO DE LA MEJORA	
Consumo eléctrico del compresor antiguo de 250 kW	1.600.000 kWh/año
Consumo eléctrico de los compresores nuevos	975.000 kWh/año
Ahorro eléctrico anual	625.000 kWh/año
Precio último del kWh eléctrico (mayo 2008)	0,1225 €/kWh
Ahorro económico anual	76.500 €/año
INVERSIÓN	82.000 €
PERIODO DE RETORNO	1,1 años

## RENEGOCIACIÓN DE LA TARIFA ELÉCTRICA

**Figura 7.16.** Evolución del ahorro y flujo de caja.

### Mejora 3: Recuperación de calor de compresores

#### Análisis de la mejora

Los compresores emiten mucho calor que, actualmente, se dirige al exterior. Este calor puede ser recuperado para su aprovechamiento en la nave Perla, situada junto a la sala de los compresores, directamente como calefacción durante los meses en los que se requiere aporte externo de calor.

Se propone la realización de una canalización que permita recuperar parte del aire caliente que se expulsa a la atmósfera hasta la nave y emitirlo directamente sobre la atmósfera de la instalación. Dado que en las instalaciones se consume energía térmica durante, aproximadamente, seis meses al año, esa alternativa supondría el sistema más sencillo de aprovechamiento del calor.

La distancia entre el punto en el cual el calor es emitido actualmente y la zona propuesta para ser calefactada es inferior a 10 metros, por

lo que con un adecuado sistema de calorifugado las pérdidas pueden considerarse bastante reducidas. También es recomendable la instalación de un filtro que preserve la salud de los empleados.

El análisis económico de esta mejora se recoge en la Tabla 7.20.

**Tabla 7.20.** Estudio económico de la mejora.

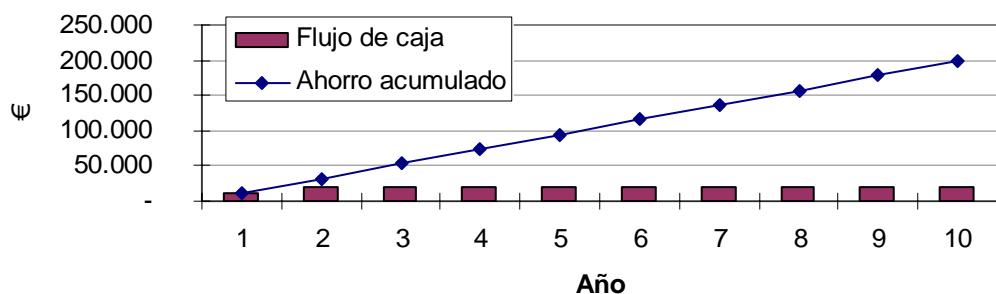


<b>INVERSIÓN</b>	
Instalación de conducciones	6.500 €
Otros gastos	2.500 €
Inversión total:	9.000 €
<b>AHORRO</b>	
Pot. estimada de compresores para recuperación de calor	250 kW
Tiempo funcionamiento diario	L-V: 24 horas/día; S: 8 horas/día
Horas totales de funcionamiento de calefacción al año	3.200 horas/año
Energía eléctrica total consumida	800.000 kWh/año
Porcentaje derivado en producción de calor	40%
Energía térmica producida	320.000 kWh/año
Pérdidas en conducción	20%
Energía térmica ahorrada	255.000 kWh/año
Coste medio kWh térmico (gasóleo)	0,081 €
Ahorro estimado	20.735 €/año
<b>PERIODO DE RETORNO SIMPLE</b>	<b>0,5 años</b>

## Recomendaciones

El periodo de retorno es muy corto. Se recomienda recuperar el calor de compresores para calefacción.

## RECUPERACIÓN DE CALOR DEL COMPRESOR



**Figura 7.17.** Evolución del ahorro y flujo de caja.



Los flujos de caja son positivos desde el primer mes y el ahorro acumulado es de 198.350 € en los primeros 10 años.

#### **Mejora 4: Sustitución de un quemador de gasóleo por otro de gas natural**

##### **Análisis de la mejora**

La instalación cuenta con 3 quemadores de gasóleo que son muy antiguos y tienen eficiencias energéticas bajas. Concretamente, el más antiguo de los 3 (modelo *Greelich* de 261 kW) está muy obsoleto, tiene una eficiencia estacional del orden del 60% y, por ello, será el quemador propuesto para su sustitución en esta mejora. Por el contrario, los actuales quemadores de gas natural de baja temperatura, tienen unos niveles de eficiencia energética muy superiores, alcanzándose sin dificultad una eficiencia del 95%. A esta ventaja hay que añadirle la producida por unos costes unitarios del kWh mucho más ventajosos: actualmente el gasóleo adquirido tiene un coste unitario de 8,1 c€/kWh; por su parte, el gas natural tiene un coste unitario de 4 c€/kWh.

Además, para la instalación de quemadores de gas natural existen atractivas subvenciones que aligerarán considerablemente la carga de las inversiones y, consecuentemente, el periodo de retorno de la inversión será mucho menor.

Las mejoras propuestas incluyen la sustitución del quemador de gasóleo por el quemador de gas natural desde la red de gas natural hasta la instalación, el tramo de línea de gas interior y la sustitución del antiguo quemador de gasóleo por el nuevo de condensación.

Previamente se ha establecido contacto con la compañía suministradora de gas para verificar que el suministro de gas natural se encuentra a una distancia de la instalación que permita que el abastecimiento de combustible siga siendo económicamente viable.

En la Tabla 7.21 se reflejan las consecuencias económicas motivadas por la sustitución del quemador de gasóleo por el nuevo quemador de condensación habilitado para el consumo de gas natural.

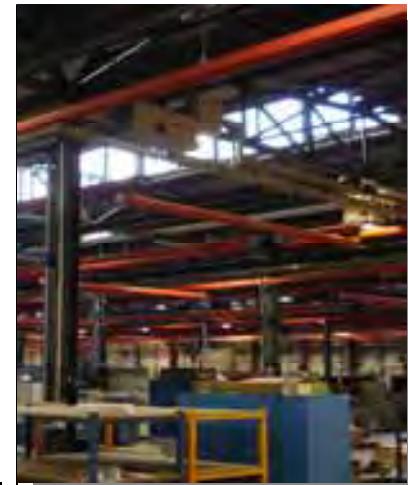
##### **Recomendaciones**

La propuesta de mejora por sustitución de uno de los quemadores de gasóleo por el correspondiente quemador de gas natural es, en sí mis-

ma, muy ventajosa porque se consiguen unos ahorros anuales muy interesantes (10.500 €/año), aunque para ello se requiere un periodo de retorno de 7 años para recuperar la inversión inicial requerida, lo cual no es un periodo demasiado elevado para una medida de este calibre.

**Tabla 7.21.** Estudio económico de la mejora.

<b>SITUACIÓN ACTUAL</b>	
<b>GASÓLEO</b>	
Cantidad de combustible/año (litros) (año 2007)	22.000
Energía producida/año (kcal)	160.000.000
Rendimiento combustión (%)	80
Rendimiento medio en función de la carga (%)	70
Gasto en gasóleo/año (€)	16.000
<b>CAMBIO PROPUESTO</b>	
<b>GAS NATURAL</b>	
Energía producida/año (kcal)	120.000.000
Cantidad de combustible/año (m <sup>3</sup> )	15.500
Rendimiento combustión (%)	1
Rendimiento medio en función de carga (%)	0,85
Gasto en gas natural/año (€)	5.500 €
<b>INVERSIÓN</b>	
Precio quemador	42.000 €
m aprox. de línea desde red de gas natural hasta instalación	2.000 €
Derechos de alta y acometida	600 €
Acometida desde la llave de la compañía suministradora	
Armario de regulación de medida (ERM)	
Línea de alimentación	4.000 €
Centralita de detección de gas natural	
Sonda de detección tipo catalítica	
Electroválvula de corte normalmente cerrada	2.350 €
Tubería de distribución en acero DIN 2440	6.000 €
Chimenea	3.000 €
Mano de obra	
Pruebas de calefacción y gas	
Puesta en marcha	10.000 €
<b>TOTAL INVERSIÓN</b>	<b>70.000 €</b>
<b>AHORRO/AÑO</b>	<b>10.500 €/año</b>
<b>PERÍODO DE RETORNO</b>	<b>7 años</b>
<b>AHORRO DE CO<sub>2</sub></b>	<b>40 t/año</b>





## SUSTITUCIÓN DE UN QUEMADOR DE GASÓLEO POR GAS NATURAL

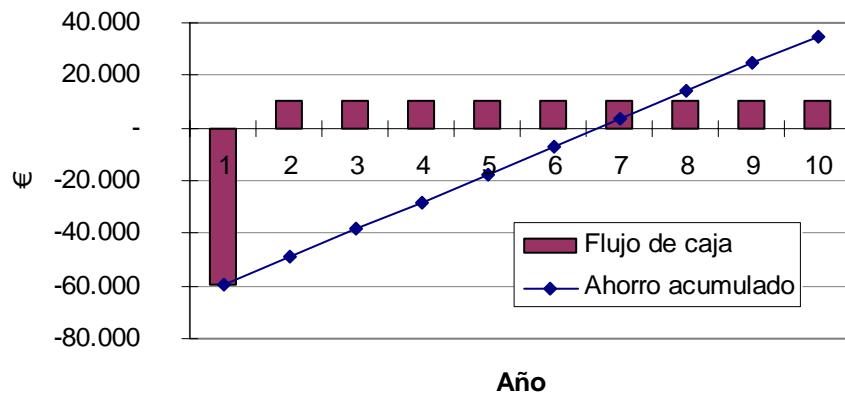


Figura 7.18. Evolución del ahorro y flujo de caja.

Pero, además, esta medida presenta otras ventajas colaterales, como el beneficio medioambiental adicional que supone la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, ya que el gas natural es una energía limpia, con lo que dichas emisiones atmosféricas se ven mermadas considerablemente con respecto a las actuales debido al uso de gasóleo (reducción de 40 toneladas anuales).

A este valor añadido hay que sumarle el hecho de que los quemadores actuales existentes en la planta son muy antiguos y están prácticamente obsoletos. Debido a esto, su sustitución habrá que realizarla necesariamente en un futuro inmediato, con lo que el coste de esta posible inversión realmente supondría un coste marginal, por lo que habría que descontar de la inversión total necesaria para la sustitución de las mismas el desembolso que se requeriría para la sustitución por otras calderas nuevas de gasoil.

### Mejora 5: Sustitución de un quemador de gasóleo por un generador de biomasa

#### Análisis de la mejora

La mejora consiste en instalar un generador de biomasa que cubra una parte de las necesidades térmicas, sustituyendo el quemador Grelich II que presenta bajos rendimientos, por otro quemador más eficiente de biomasa.

En un análisis comparativo entre el uso de gasóleo y de biomasa hay que destacar que el coste del primero (como el resto de combustibles fósiles) tiene grandes fluctuaciones temporales en el precio, mientras que el de los pellets goza de mayor estabilidad y se prevé que disminuya en los años venideros ante la inminente apertura de varias plantas de peletizado en nuestro país, dependiendo su suministro exclusivamente de la producción nacional.

Las características técnicas de un posible generador de biomasa para este fin se indican a continuación:

- Potencia útil: 200.000 kcal/h (232 kW)
- Número de quemadores (con parrilla en caso de requerimiento del combustible): 1
- Tipo de combustible: pellets/astillas/hueso de aceituna.
- Construida en acero de fundición de primera calidad con soldadura industrial.
- Automatización: en grado máximo.

El generador de biomasa, en las condiciones de trabajo a las que se verá sometido en las naves de la empresa en estudio, consumirá, aproximadamente, 40 toneladas de biomasa anuales y cada tonelada de biomasa ocupa aproximadamente 1,5 m<sup>3</sup>, por lo que al año se necesitan 60 m<sup>3</sup> de biomasa.

Por ello, habrá que construir un silo adecuado para el almacenamiento de biocombustible. También se podría optar por la construcción de un almacén completo de biomasa externo.

La descripción técnica y presupuesto tipo de esta actuación se presentan en la Tabla 7.22.

**Tabla 7.22.** Estudio de la inversión necesaria para la mejora.

CONCEPTO	EUROS
<b>Desguace:</b>	650 €
Desconexionado y desmontaje del sistema actual instalado.	
<b>Generador de biomasa de 232 kW:</b>  Construida en chapa especial para calderas y tubos de acero estirado sin soldadura. Diseñada con tres pasos de gases para alcanzar la máxima potencia y concebida para combustibles sólidos, alimentados a través de sifón o manualmente.	18.000 €





## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

CONCEPTO	EUROS
<b>Automatismos funcionales:</b> Equipo transportador de combustible desde el silo de almacenamiento hasta la tolva pulmón.	10.000 €
Bancada especial de caldera en acero para albergar combustible en hogar de combustión provista de un sistema automático de recogida de cenizas.	
Turbina-ventilador para el aporte de comburente a la combustión.	
Sistema de ignición automática.	
<b>Entronque:</b> Suministro y montaje de un entronque de chimenea de un diámetro necesario para su correcto funcionamiento hasta la vertical de la chimenea.	4.500 €
<b>Chimenea:</b> Suministro y montaje de una chimenea de acero inoxidable de simple pared desde el entronque hasta superar la altura del edificio.	
<b>Complementos auxiliares:</b> Suministro y montaje de un termostato de bulbo con sonda a distancia.	
<b>Expansión y montaje hidráulico:</b> Suministro y montaje de las redes de tuberías necesarias con motivo de la incorporación de los nuevos elementos de los circuitos de impulsión y retorno de calefacción, acometidas de agua fría, llenado, vaciados y expansiones.	4.100 €
Suministro y montaje de un depósito de expansión cerrado.	
Suministro y montaje de manómetros de aspiración e impulsión.	
Suministro y montaje de un presostato de limitación de falta de agua.	
Suministro y montaje de válvulas de seguridad de escape.	
Suministro y montaje de un contador de agua fría.	
Suministro y montaje de termómetros para control de temperatura.	
Suministro y montaje de un equipo de alimentación de agua con funcionamiento automático.	
<b>Instalación eléctrica:</b> Suministro y montaje de un cuadro eléctrico general para protección, mando, maniobra y control de todos los aparatos eléctricos de la instalación.	5.300 €
<b>Sistema contra incendios:</b> Suministro y montaje de dos extintores de polvo seco.	800 €
Suministro y montaje de central de detección automática de incendios.	
<b>Control y automatismo:</b> Suministro y montaje de una válvula de tres vías.	3.600 €
Suministro y montaje de un termostato para el control de temperatura de impulsión.	
Suministro y montaje de un equipo para el control y regulación de la central térmica.	
<b>Aislamiento y calorifugado:</b> Suministro y montaje de material de aislamiento y calorifugado de las nuevas redes de tuberías de calefacción.	1.550 €

CONCEPTO	EUROS
<b>Obra civil:</b>	
Para la ejecución y legalización de la reforma de la central productora de calor.	7.600 €
<b>Visados y licencias:</b>	
Ejecución de proyecto de legalización de la reforma	3.600 €
<b>Instalación de almacenamiento:</b>	
	3.000 €
<b>PRESUPUESTO TOTAL (con IVA)</b>	<b>72.700 €</b>



El estudio económico es el que se recoge en la Tabla 7.23.

**Tabla 7.23.** Estudio económico de la mejora.

SITUACIÓN ACTUAL	
GASÓLEO	
Cantidad de combustible/año (litros)	22.000
Energía producida/año (kcal)	160.000.000
Rendimiento estacional (%)	70
Gasto en gasóleo/año (€/año)	16.000
MEJORA PROPUESTA	
BIOMASA	
Energía producida/año	107.000.000 kcal
Rendimiento estacional	80%
Consumo anual de combustible	40 t
Precio de pellets	0,18 €/kg
Gasto anual de combustible	7.200 €/año
Inversión	72.700 €
Ahorro energético por mejora de eficiencia	55.000 kWh/año
Ahorro anual	8.800 €/año
Periodo de retorno (sin subvención)	8,2 años
Subvención (30%)	22.000 €/año
<b>Periodo de retorno (con subvención)</b>	<b>5,8 años</b>

Existen dos modos de adquisición del generador de biomasa: comprando la caldera y los pellets por parte de la empresa; o acudiendo a una empresa de servicios energéticos que se encargue de asegurar el suministro de combustible, el mantenimiento, etc., recibiendo ésta un pago mensual por todos esos servicios, no obligando a realizar una inversión inicial por parte de la empresa interesada en dichos servicios.

Para el estudio de financiación pertinente se puede considerar una cuantía de ayuda del 30% del valor de la inversión en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid. Según los valores calculados anteriormente, se podrá obtener una ayuda aproximada de 22.000 €, a descontar de los 72.700 € requeridos inicialmente para acometer esta mejora.



El uso de la biomasa no influye en el cómputo global de gases de efecto invernadero, ya que el balance total está equilibrado. Por ello, la aplicación de esta medida equivale a disminuir la emisión de 60 toneladas de CO<sub>2</sub> anuales.

### Recomendaciones

Se recomienda la sustitución del quemador actual de gasoil por un generador de biomasa de 232 kW ya que, a pesar del alto periodo de retorno de la inversión (5,8 años), permite obtener importantes ahorros. Además, cabe destacar el beneficio que implica la instalación de una caldera de biomasa a nivel educativo y medioambiental.

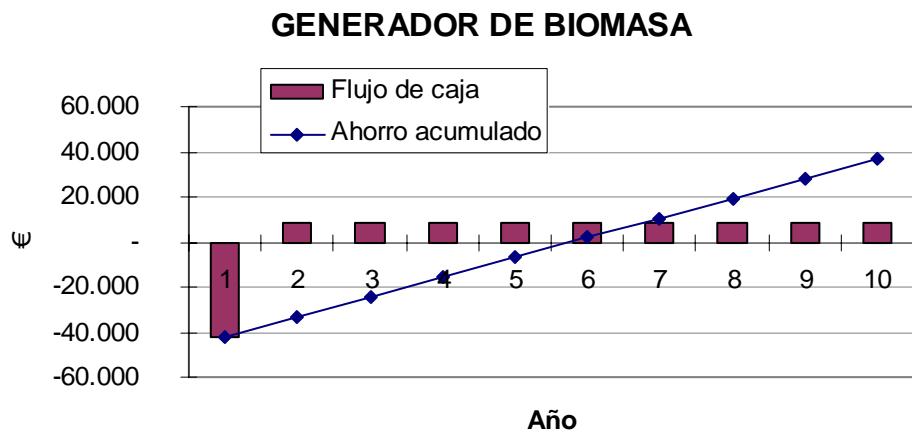


Figura 7.19. Evolución del ahorro y flujo de caja.

### Mejora 6: Reducción del flujo de iluminación

#### Análisis de la mejora

Con los dispositivos reductores de flujo LEC se consigue una reducción de tensión de las lámparas a partir de un sencillo principio tecnológico de demodulación de la onda sin distorsión:

$$230 \text{ V sen (wt)} - 25 \text{ V sen (wt)} = 205 \text{ V sen (wt)}$$
$$230 \text{ V sen (wt)} + 25 \text{ V sen (wt + Pi)} = 205 \text{ V sen (wt)}$$

De esta forma, se consigue que las lámparas pasen de funcionar con una tensión de 230 V a 205 V, con una reducción de los luxes no per-

ceptibles por el ojo humano, con lo cual los niveles de luminosidad en los puestos y equipos de trabajo no se verán alterados.

El ahorro energético que se obtiene con los Controladores de Energía de Iluminación (LEC) es doble: en primer lugar, se consigue un ahorro directo medio del 25% del consumo eléctrico en iluminación. A este ahorro directo habrá que añadir el indirecto debido a un menor desgaste de las lámparas, que duran hasta un 300% más que con la tensión original de 230 V, según datos aportados por los propios fabricantes.

Su acometida es sencilla y la instalación en los correspondientes cuadros eléctricos es fácil, por lo que puede realizarse por el propio personal de mantenimiento. No requieren cambios en la infraestructura existente, no produce armónicos ni distorsiones electromagnéticas de ningún tipo y las bajas inversiones requeridas derivan en unos períodos de retorno muy bajos, inferiores normalmente a los dos años.

En la Tabla 7.24 se pueden ver los resultados económicos derivados de la implantación de esta medida.

**Tabla 7.24.** Estudio económico de la mejora.

Potencia total Halogenuros (W)	17.000
Tiempo de funcionamiento (horas/año)	6.000
Unidades LEC necesarias	5
<b>Ahorro anual estimado (€/año)</b>	3.125
<b>Inversión necesaria (€)</b>	4.000
<b>Período de retorno (años)</b>	1,3

## Recomendaciones

La instalación de los dispositivos controladores de la energía de iluminación es muy recomendable, ya que se obtienen unos ahorros anuales muy interesantes (por encima de los 3.000 € anuales), con una inversión razonable. Como resultado de ambos hechos, se requiere un período de retorno de la inversión de 1,3 años, muy adecuado para una medida de este tipo. Los flujos de caja son positivos a partir del 2º mes y el ahorro acumulado es de 27.250 € en los primeros 10 años.



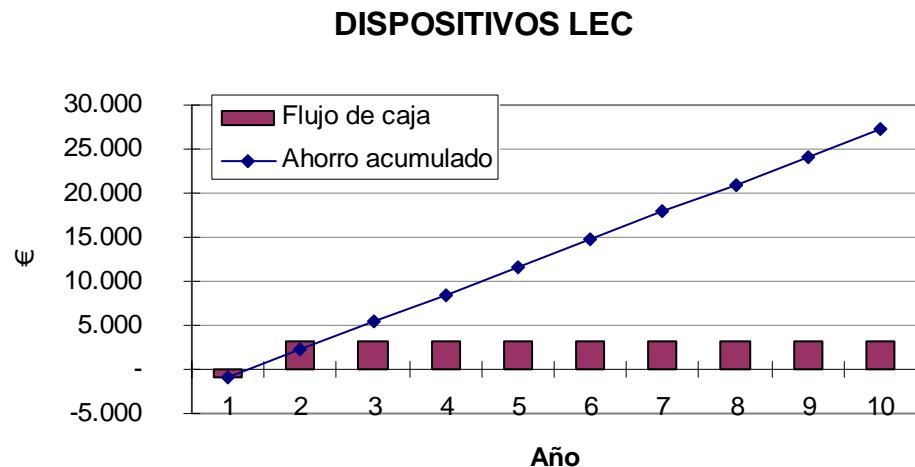


Figura 7.20. Evolución del ahorro y flujo de caja.

### Mejora 7: Instalación solar fotovoltaica en cubierta

#### Análisis de la mejora

Se puede realizar un aprovechamiento de la radiación solar mediante su transformación directa en energía eléctrica gracias al efecto fotovoltaico. Sería un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica, de tal forma que se generaría electricidad mediante paneles solares fotovoltaicos, y después se podría elegir entre dos posibles opciones: o bien utilizar la energía generada para el propio aprovechamiento de la empresa; o bien inyectar dicha energía directamente a la red de distribución eléctrica, ya que las compañías de distribución eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía aportada a su red por estas centrales fotovoltaicas. El precio de venta de la energía también está fijado por ley de manera que se incentiva la producción de electricidad solar al resultar estas instalaciones amortizables en unos pocos años.

Para su instalación no se requiere una superficie específica para tal fin, ya que se ubica sobre la cubierta de la nave industrial, sin restarle espacio al resto de las instalaciones para usos operativos.

Con el sistema actual de bonificaciones a la energía solar fotovoltaica es mucho más económico vender toda la energía producida a la red y luego comprar la necesaria para el funcionamiento de las instalaciones. El porcentaje de ahorro será considerado suponiendo que la energía fuera vendida, pero también podría hacerse considerándola para el consumo de la propia industria.

A partir del Real Decreto 1579/2008 de 26 de septiembre de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica se establece que el precio a pagar al vendedor de energía producida mediante instalaciones fotovoltaicas a la red será de 0,32 €/kWhe como precio de venta de la energía producida. El precio por kWhe actualizado a mayo de 2008 en la empresa auditada se sitúa en 0,1225 €/kWhe, por lo que el beneficio económico es claro.

En la Tabla 7.25 se analizan en detalle las inversiones que requiere esta medida, así como los ingresos generados.



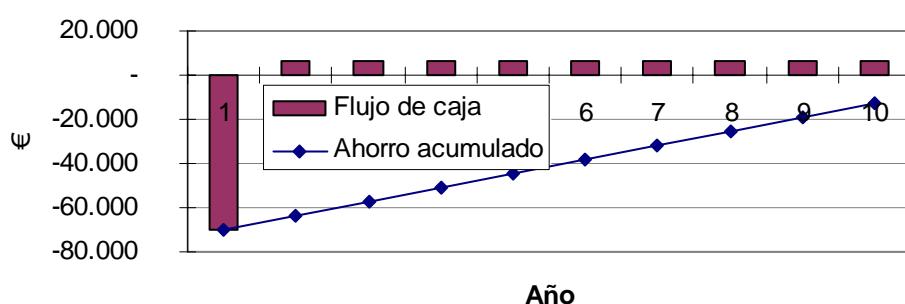
**Tabla 7.25.** Estudio económico de la mejora.

INSTALACIÓN DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA	
Potencia a instalar	15 kW
Potencia de panel fotovoltaico	150 W
Número de paneles	100 paneles
Superficie requerida	300 m <sup>2</sup>
<b>Inversión</b>	<b>76.000 €</b>
Precio medio de venta del kWh	0,32 €/kWh
Horas produciendo	1.300 h eq/año
Energía generada	19.500 kWh/año
<b>Ingresos</b>	<b>6.300 €/año</b>
<b>Periodo de retorno</b>	<b>12 años</b>

## Recomendaciones

A pesar de que el periodo de retorno es elevado (12 años), es recomendable realizar esta medida, ya que la vida media de las placas de este tipo es de unos 35-40 años, cumpliendo holgadamente con dicho periodo de recuperación de la inversión inicial.

## INSTALACIÓN SOLAR FOTOVOLTAICA



**Figura 7.21.** Evolución del ahorro y flujo de caja.



## Mejora 8: Instalación solar térmica

### Análisis de la mejora

Se puede realizar un aprovechamiento de la radiación solar mediante su transformación directa en energía térmica para cubrir una parte de las necesidades de ACS en el comedor y en los vestuarios y duchas a disposición de los trabajadores. Los consumos de ACS actuales, basados en las facturas aportadas y de acuerdo a la plantilla actual (ya que no se prevén variaciones significativas de la plantilla en el futuro más próximo) son de, aproximadamente, 3.000 litros diarios.

Actualmente, el calentamiento del agua se realiza por dispositivos eléctricos.

Las placas solares térmicas, además de ser una buena solución para cubrir las soluciones de ACS, está subvencionada, por lo que la inversión resulta mucho más accesible y el período de retorno se ve sustancialmente reducido.

La instalación cubrirá una parte de las necesidades de ACS de forma eficiente, ya que la radiación solar incidente es adecuada, sin som-



bras que perjudiquen a la instalación y la tecnología ha mejorado ostensiblemente en los últimos años.

La ubicación propuesta es la cubierta de la nave Zafiro donde se encuentran los aseos y vestuarios, disponiendo de la superficie libre necesaria, previo análisis de las características de resistencia necesaria para aguantar el peso.

En la Foto 7.9 se muestra un ejemplo de instalación solar térmica.

Se realiza el estudio económico para suprir el 65% de las necesidades de ACS. Una vez comprobados los resultados de esta mejora, podrá ampliarse la instalación para conseguir un mayor abastecimiento de las necesidades de la planta.

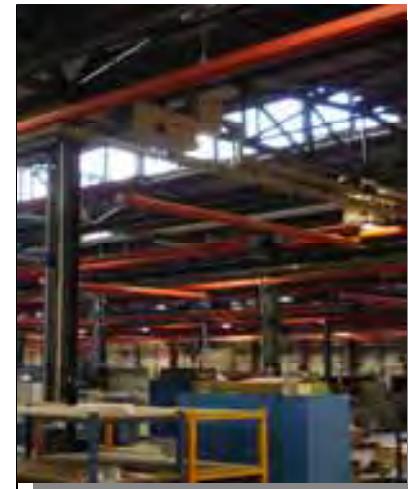
En la Tabla 7.26 se presentan los resultados económicos de la instalación.

**Tabla 7.26.** Estudio económico de la mejora.

INSTALACIÓN DE PLACAS SOLARES TÉRMICAS	
Superficie de placas necesarias (m <sup>2</sup> )	25
<b>INVERSIÓN (€)</b>	21.500
Número de duchas diarias	70
Volumen necesario (litros/dia)	2.150
Temperatura deseada (°C)	60
Temperatura de red (°C)	10
Calorías necesarias para calentar el agua	27.000.000 kcal/año = 31.300 kWh/año
Rendimiento global del sistema actual (%)	65
Precio último kWh eléctrico (€/kWh)	0,1225
<b>AHORRO (€/AÑO)</b>	3.800
Subvención 30% (€)	7.350
<b>PERIODO DE RETORNO (AÑOS)</b>	4

## Recomendaciones

El periodo de retorno (4 años) es favorable, pues la vida media útil de estas placas está estimada en 25 años, momento en el cual la inversión se habrá amortizado.





## INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA

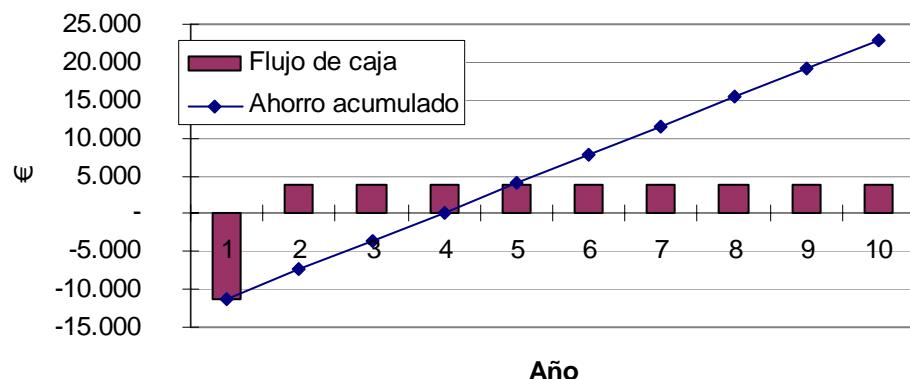


Figura 7.22. Evolución del ahorro y flujo de caja.

Aparte del menor consumo de energía térmica, se obtienen otros beneficios adicionales: se evita la dependencia del suministro exterior, se hace frente de forma más flexible a las subidas del precio de los combustibles, se recibe subvención gubernamental y se reducen considerablemente las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Se recomienda llevar a cabo esta medida, pues hay espacio libre suficiente y ninguna situación que lo desaconseje.

## 7. Resumen y conclusiones

La planta de la empresa auditada está dedicada a la fabricación de utilajes y estampación de piezas metálicas destinadas, fundamentalmente, a la industria de la automoción y otros sectores, siendo sus principales procesos de fabricación el punzonado, troquelado, estampado, embutido, soldadura y ensamblaje.

### Ahorro de energía térmica y eléctrica

Las mejoras propuestas suponen un importante ahorro de energía eléctrica (nuevos compresores, ahorro en iluminación, etc.), así como de energía térmica (recuperación de calor de los compresores, instalación solar térmica, etc.).

El resumen del ahorro de energía es el que se recoge en la Tabla 7.27.

**Tabla 7.27.** Ahorros de energía eléctrica y térmica.

AHORRO DE ENERGÍA TOTAL		
Energía eléctrica	700.000	kWhe
Energía térmica	360.000	kWht



### Ahorro en costes energéticos

En el caso de acometer todas las mejoras propuestas, el ahorro en costes energéticos podría suponer un total de 115.050 €/año, correspondiendo 85.900 €/año a la parte eléctrica y 29.150 €/año a la parte térmica.

En términos de porcentajes sobre los consumos anuales totales, en la parte eléctrica se produciría una reducción del 30% sobre el gasto eléctrico medio anual.

En el apartado térmico, el efecto del ahorro sería muy superior si se aplicasen todas las mejoras propuestas. Se alcanzaría un ahorro del 60%, lo cual demuestra la gran importancia y el peso relativo de las mejoras que actúan sobre la eficiencia térmica.

### CO<sub>2</sub> evitado

Las mejoras propuestas suponen la no emisión a la atmósfera de una cantidad de 322 toneladas de CO<sub>2</sub>/año para el ahorro en energía eléctrica y 173 toneladas de CO<sub>2</sub>/año en energía térmica, sumando 495 toneladas de CO<sub>2</sub> al año.

### Inversión total

La inversión total para llevar a cabo las mejoras propuestas asciende a 307.000 €, de los cuales 177.000 € (58%) se deben a inversiones en mejoras relacionadas con la energía eléctrica, y los restantes 130.000 € (42%) están relacionados con las mejoras en la reducción del consumo térmico.



## Periodo de retorno

El periodo de retorno global en el caso de que se aplicasen todas las mejoras propuestas es de 2,3 años.

En la Tabla 7.28 se resumen las mejoras propuestas como resultado de la presente auditoría energética.

**Tabla 7.28.** Cuadro resumen de las mejoras propuestas.

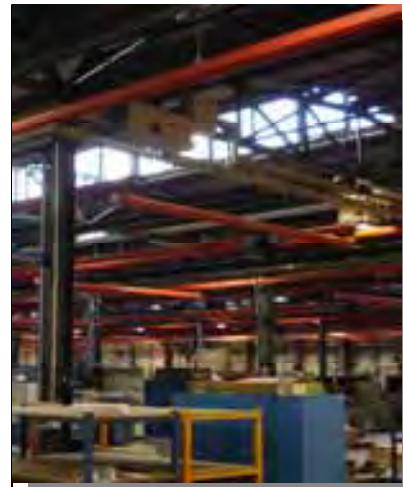
MEJORAS	Inversión (€)	Ahorro eléctrico kWhe/año	Ahorro térmico kWh/año	Ahorro (€/año)	Periodo Retorno Sim- ple (años)
M1: Renegociación del precio del kWh	0			5.700,00	0,0
M2: Nuevos compresores con variador	82.000	625.000		76.500,00	1,1
M3: Recuperación calor compresores	9.000		255.000	20.735,00	0,5
M4: Sustitución quemador gasóleo por GN	70.000		45.000,0	10.500,00	7,0
M5: Sustitución quemador gasóleo por biomasa	51.000		60.000	8.800,00	5,8
M6: Reducción flujo de iluminación	4.000	25.500,00		3.125,00	1,3
M7: Instalación solar fotovoltaica	76.000	19.500		6.240,00	12,2
M8: Instalación solar térmica	15.000	31.300,00		3.800,00	4,0
<b>TOTAL</b>	<b>307.000</b>	<b>701.300,00</b>	<b>360.000,00</b>	<b>135.400,00</b>	<b>2,3</b>

Del análisis de inversión y rentabilidad de las mejoras propuestas, se observa que los períodos de retorno de la inversión es variable: por un lado, una de las mejoras tiene un periodo de retorno prácticamente instantáneo (por no requerir cuantía económica alguna), mientras que otra de las mejoras (instalación solar fotovoltaica) tiene un periodo de retorno elevado (12 años) correspondiendo por ello al largo plazo; el resto tienen períodos de retorno intermedios. El total de mejoras, que suponen una inversión cercana a los 307.000 €, tiene un periodo de retorno de 2,3 años.

El Plan de actuaciones que se propone recomienda iniciar las actuaciones por la renegociación del precio con la compañía eléctrica, debido a que ésta actuación requiere una inversión nula. También acometer las mejoras de sustitución por los dos compresores con va-

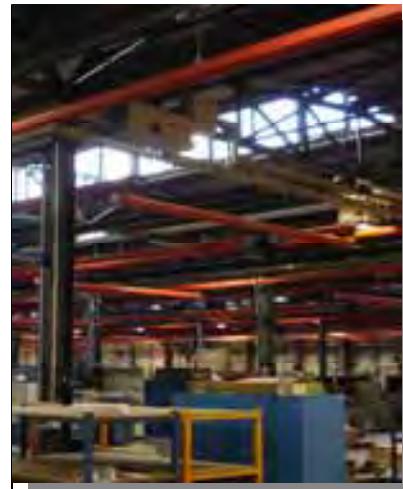
riador de velocidad, la mejora de recuperación de calor de los compresores y la mejora de reducción del flujo de iluminación, por ser las de menores inversiones requeridas con menores periodos de retorno.

En posteriores etapas podría tomarse la decisión de acometer el resto de mejoras, o bien de recuperar las inversiones realizadas.





## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid



## ANEXO 1: TABLA DE EQUIVALENCIAS ENERGÉTICAS

	Julio (J)	kcal	kWh	Termia	Tep
Julio (J)	1	$0,23901 \times 10^{-3}$	$0,2778 \times 10^{-6}$	$0,23901 \times 10^{-6}$	$23,89 \times 10^{-12}$
kcal	$4,187 \times 10^3$	1	$1,16 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	$10^{-7}$
kWh	$3,60 \times 10^6$	$0,85984 \times 10^3$	1	$860,42 \times 10^{-3}$	$86 \times 10^{-6}$
Termia	$4,187 \times 10^6$	$1 \times 10^3$	1,163	1	$10^{-4}$
Tonelada equivalente de petróleo (tep)	$4,184 \times 10^3$	$10^7$	$1,163 \times 10^{-3}$	$1 \times 10^{-3}$	1

## ANEXO 2: ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS MEJORAS

Se pretende en este apartado indicar unos métodos de evaluación de la rentabilidad de las posibles mejoras que puedan ser realizadas, como resultado del plan de ahorro de energía y que requieran inversiones significativas.

En general, las mejoras pueden dividirse en los siguientes grupos:

- Modificaciones en procesos.
- Modificaciones en elementos o equipos.
- Recuperación de energías residuales.
- Sustitución o utilización de otras fuentes energéticas.
- Optimización de la combustión.
- Mejoras en aislamiento térmico y refractario.
- Modificaciones en los sistemas de operación.
- Mejoras en servicios auxiliares.
- Aplicación combinada de energía solar y bomba de calor.
- Autogeneración de energía eléctrica y cogeneración.

Cada tipo de mejora deberá acompañarse de un análisis económico que facilite la toma de decisión. Todo análisis y evaluación económica estará formado por los siguientes puntos:

- Objetivos.
- Presupuestos, plan de inversiones, etc.



- Ahorros a conseguir (amortización, rentabilidad, etc.).
- Comparación con otras alternativas.
- Tecnología requerida.

Para poder realizar el estudio específico se requerirá previamente seleccionar las mejoras, para lo cual pueden considerarse los criterios siguientes:

a) *Criterio de periodo de amortización bruta:*

Se deberá disponer de los siguientes datos:

- Ce = Costes de establecimiento (inversión inicial más cargas adicionales, tales como permisos, estudios, etc.).  
Cf = Costes de funcionamiento anual (mano de obra, entrenamiento, etc., que sean imputables al ahorro de energía previsto).  
Ee = Economías anuales de combustibles.  
Pe = Precio del combustible o de la energía.  
Dr = Duración o vida del equipo.

En esta etapa puede prescindirse de actualizar los costes y de evaluar los precios futuros de la energía.

$$\text{Economía anual neta (En)} = \text{Ee} \times \text{Pe} - \text{Cf}$$

$$\text{Período de amortización bruta } Pab = \frac{\text{Ce}}{\text{En}}$$

Un criterio a adoptar es seleccionar aquellas mejoras tales que  $Pab \leq Dr/2$ .

La precisión sobre los datos, necesaria en esta fase, es del orden de un 25%.

b) *Criterio de rendimiento bruto de la inversión.*

Durante la vida del equipo, el ahorro neto de energía Et, será:

$$Et = En \times Dr$$

El rendimiento bruto total de la inversión será:

$$Rbt = \frac{Et - Ce}{Ce}$$

El rendimiento bruto anual será:

$$Rba = \frac{Rbt}{Dr} \times 100$$

Un criterio a adoptar es seleccionar aquellas mejoras tales que  $Rba \geq 20\%$



c) *Tasa de retorno de la inversión (T.R.I.)*

Este parámetro tiene en cuenta la vida estimada del equipo en cuanto a su depreciación. Para justificar la inversión es preciso que el T.R.I. correspondiente al equipo analizado sea mayor que el correspondiente a otras alternativas de inversión.

$$T.R.I. = \frac{En - D}{Ce} \times 100$$

en donde:

D = Depreciación anual del equipo a lo largo de la vida estimada.

Si suponemos una depreciación lineal sería igual al coste de la inversión dividida entre el número de años de la vida estimada del equipo.

Un criterio a adoptar es seleccionar aquellas mejoras tales que  $T.R.I. \geq$  *interés que ofrecen los bancos por el capital Ce*.

### ANEXO 3: BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

Para la elaboración de este trabajo se han consultado las siguientes referencias bibliográficas.

- Balance Energético de la Comunidad de Madrid, 2007. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid - Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.



## Procedimiento de auditorías energéticas en el sector industrial de la Comunidad de Madrid

- Boletín Energético de la Comunidad de Madrid, 2008. Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Comunidad de Madrid - Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid.
- Diversas auditorías energéticas realizadas por Escan, S.A. 2000-2008.
- "Guía del Auditor Energético". Proyecto Gauree. Escan, S.A. 1998.
- Observatorio Industrial de Madrid. "Informe Anual 2006". El sector industrial en la Comunidad de Madrid (Pág. 23-39).
- "Procedimiento para la realización de auditorías energéticas". Abril 2006. FAEN.





Fundación de la Energía de  
la Comunidad de Madrid

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

