

Medidas de eficiencia energética en el sector agrario



INDICE

1. Introducción.....	2
2. Medidas de eficiencia en iluminación.....	3
2.1. Características técnicas en sistemas de iluminación.....	3
3. Medidas de eficiencia en sistemas térmicos para calefacción y/o Agua Caliente Sanitaria.....	5
3.1. Generadores de calor.....	5
3.2. Mejora de la eficiencia energética en la generación de calor y funcionamiento de las calderas	6
3.3. Distribución del calor.....	7
3.4. Uso de las instalaciones.....	7
4. Medidas de eficiencia en sistemas de climatización y/o refrigeración.....	8
5. Contabilidad energética.....	8
6. Revisión y mantenimiento de los equipos.....	8
7 Costes de inversión y nivel de ahorro de las medidas por tecnologías.....	9
8. Potencial de implementación de las medidas por sectores.....	12

Fuente:

CIRCE (Centro de Investigación de Recursos y Consumos energéticos). Diagnóstico de la demanda energética del sector agrario y análisis de oportunidades alternativas al consumo actual. Diciembre 2017.

CAPDER. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Mayo 2018

Medidas de eficiencia energética en el sector agrario

1. Introducción

El sector agrario no solo es fundamental para la economía en general, sino que presenta una alta dependencia frente al consumo de recursos, especialmente agua y energía. Los consumos de energía eléctrica son destinados principalmente para la impulsión del regadío y las actividades de conservación de los productos (congelación, refrigeración, etc.), mientras que los consumos térmicos suelen ser utilizados para la generación de calor en calderas, hornos y sistemas de calefacción, además la energía motriz necesaria para las labores agrícolas representa un alto porcentaje del consumo energético de las explotaciones agrarias. Estas actividades que requieren de energía, y a su vez, emiten gases de efecto invernadero (que promueven el fenómeno del cambio climático), podrían, por el efecto adverso de dichas emisiones, limitar la disponibilidad de recursos esenciales para el propio sector en un futuro, como, por ejemplo, el agua durante épocas de sequía. De esta manera, se hace evidente la necesidad de implementar medidas de eficiencia energética y sostenibilidad. En el caso concreto de Andalucía la trascendencia de este hecho es incluso mayor debido a la relevancia de este sector en la economía y el empleo de la zona, así como las mayores condiciones de severidad climática asociadas a la región.



Además, el impacto ambiental del sector agrario también se refleja en el nivel de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Según datos extraídos del MAPAMA en su documento de “Avance de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero” correspondientes al año 2016, se estima que solo la agricultura ya aporta el 11% de las emisiones en España, siendo las actividades ganaderas las responsables del 70% de este valor. Si se tiene en cuenta que el sector es altamente dependiente del consumo de recursos naturales, como el agua, se vuelve evidente la necesidad de adoptar medidas frente a la incertidumbre y dificultades que plantean los escenarios futuros de cambio climático.

Es decir, el sector debe empezar a adoptar medidas tanto de mitigación como de adaptación al fenómeno del cambio climático. Por un lado, las medidas de mitigación van a requerir principalmente del aumento en la eficiencia energética para reducir los consumos energéticos, especialmente en procesos donde el uso de combustibles fósiles es predominante. De esta manera se podrá disminuir los aportes de emisiones de GEI, al mismo tiempo que se reducen los costes en energía. Por otro lado, las medidas de adaptación serán en su mayoría aquellas que permitan hacer un uso más eficiente y racional de recursos naturales. En cualquier caso, las medidas que se puedan llegar a adoptar deben ser consecuentes con la cantidad y calidad de los productos, de forma tal que las empresas puedan mejorar su desempeño energético y ambiental sin necesidad de afectar sus niveles de producción ni sus beneficios económicos.

Se exponen a continuación una serie de medidas de eficiencia energética de carácter general en distintos sistemas que no están asociados específicamente a sectores concretos, sino que pueden aplicarse en multitud de ellos, incluidos el agrario y agroindustrial, y no presentan particularidades importantes en su aplicación.

2. Medidas de eficiencia en iluminación

Las principales medidas de eficiencia energética en sistemas de iluminación son las siguientes:



- Sustitución de lámparas de baja eficiencia por otras tecnologías eficientes de menor consumo (ver descripción de tecnologías a continuación), especialmente en las zonas con mayores periodos de utilización. Para ello, se examinará y evaluará el sistema actual de iluminación y se rediseñará, en su caso, proponiendo las sustituciones necesarias y garantizando el nivel de iluminación en los lugares necesarios.
- Sustitución de luminarias por otras con alto factor de reflexión.

- Sectorizar la iluminación con la utilización de interruptores bien zonificados.
- Instalar detectores de presencia para los accesos, zonas de paso y lugares donde no se requiera una iluminación permanente.
- Instalar sistemas de control de la iluminación, como relojes programables, para que su uso sea únicamente durante el tiempo necesario.
- Colocación de sistemas de regulación de potencia según la luz natural mediante células fotoeléctricas o sensores, reduciendo los consumos de iluminación innecesarios.
- Utilización de pinturas blancas o en tonos claros, manteniendo las superficies limpias para aumentar el rendimiento de la iluminación.



- Realizar un plan de mantenimiento incluyendo revisiones y limpieza de las luminarias.

2.1. Características técnicas en sistemas de iluminación

Las principales características a considerar para la elección del tipo de iluminación son:

- ✗ Potencia eléctrica consumida.
- ✗ Nivel de iluminación necesario, en función del uso de las zonas a iluminar.
- ✗ La distribución espectral de la luz emitida.
- ✗ Temperatura de color y calidad cromática.
- ✗ Rendimiento de la lámpara.
- ✗ Consumo energético de las opciones disponibles y ahorro esperado.
- ✗ Vida útil de la lámpara.
- ✗ Coste de instalación.

En muchos casos, la iluminación artificial debe tener una composición espectral y color específicos, para favorecer ciertos procesos de animales (p. ej. cría) o de plantas (p. ej. fotosíntesis) que deberán tenerse en cuenta a la hora de plantear la medida.



A continuación se muestran los distintos tipos de lámparas:

- **Lámparas de incandescencia/halógena.** Aunque su coste de inversión es bajo, el coste energético de este tipo de lámparas es elevado debido a su bajo rendimiento (en torno a 10-20 lm/W). Emiten gran cantidad de radiación infrarroja, lo que provoca un sobrecalentamiento de los cultivos. La iluminación incandescente se encuentra en desuso, siendo sustituida por otros sistemas, mientras que la halógena es ligeramente más eficiente. Suelen tener una vida útil en entre 1.000 y 2.000 horas de uso.
- **Lámparas fluorescentes.** Esta tecnología permite suministrar una elevada intensidad lumínica sin provocar un calentamiento excesivo para disipar al ambiente, pero presentan una instalación más costosa. Se encuentran incluidas en esta tipología los tubos fluorescentes y las lámparas compactas denominadas “de bajo consumo”. Las potencias oscilan entre los 40 y 125W, dependiendo del tipo de tubo; presentan un alto rendimiento, de en torno a 50-70 lm/W y de hasta 100 lm/W con balasto electrónico. Tienen un coste asequible y un tiempo de vida de entre 10.000 y 20.000 horas.
- **Lámparas de mercurio fluorescentes.** El espectro de luz se aproxima al de la luz solar, siendo apropiadas como iluminación suplementaria de elevada intensidad e iluminación sustitutoria. Es una tecnología que no calienta excesivamente el ambiente, siendo adecuada para aplicaciones como el desarrollo de especies vegetales.
- **Lámparas de halógenos metálicos de alta presión.** De manera similar a la tecnología anterior, proporcionan un espectro similar a la luz solar sin calentar excesivamente el ambiente, teniendo además una mayor eficiencia radiante que las anteriores, con rendimientos de entre 70 y 100 lm/W y vida útil de unas 6.000 horas.
- **Lámparas de vapor de sodio.** Presentan mucho mayor rendimiento (100-200 lm/W) y mayor vida útil (15.000 horas), pero con luz amarilla y baja calidad de reproducción de los colores. Hay modelos de alta

presión que eliminan este problema. A pesar de tener un espectro de emisión poco equilibrado poseen una gran eficacia fotosintética, por lo que son ampliamente utilizadas en las instalaciones de invernaderos.



- **Lámparas LED.** Presentan un rendimiento muy alto (100-150 lm/W), un consumo muy reducido y una muy buena calidad de luz, además de un larguísimo tiempo de vida de hasta unas 50.000 horas, suponiendo un gran ahorro económico. Proporcionan un espectro similar a la luz solar, sin calentar el ambiente.



En función de la tipología de lámparas a incorporar, **la inversión** puede variar considerablemente. En el caso de tecnología LED, puede situarse en torno a 1.000-3.000 €/kW, según

los casos recopilados durante el proyecto y algunas referencias bibliográficas^{1,2}, si bien se ha reducido su coste progresivamente en los últimos años y se espera que siga bajando³.

Respecto al **ahorro de energía**, en el caso de sustitución de lámparas/luminarias por modelos más eficientes, el porcentaje de ahorro energético corresponderá al porcentaje de reducción de la potencia de las lámparas, esto es, entre el 40% y el 90%, según los casos. Además, se debe considerar el ahorro económico adicional que supone la reducción de los costes de reposición a lo largo del tiempo debida al incremento de la vida útil de las lámparas nuevas.

Por último, en el caso de sustitución o incorporación de otros elementos, el ahorro es más complejo de calcular en cada

1 Catálogo de lámparas y luminarias LED Enero 2016 PHILIPS (2016)
 2 Plan de Acción Nacional de Eficiencia Energética en España 2011-2020 (2011)
 3 Annual Energy Outlook 2015. U.S. Energy Information Administration (2015)

situación, aunque rara vez se alcanzan ahorros superiores al 20%.

La tabla siguiente muestra un ejemplo de sustituciones de lámparas existentes por lámparas LED, teniendo una mayor eficiencia energética, mayor vida útil, menor mantenimiento y un mayor rendimiento. El ahorro depende del tipo de lámpara a sustituir, pudiendo verse reflejado en la siguiente tabla:

Ahorro de energía con tecnología LED.
(Fuente: Proyecto TESLA)

SITUACIÓN DE PARTIDA	ALTERNATIVA CON EFICIENCIA ENERGÉTICA	REDUCCIÓN DE LA POTENCIA
Tubo fluorescente 2x18W (total instalado 42 W incluyendo el balasto)	LED18S (19W)	54%
Tubo fluorescente 2x58W (total instalado 136 W incluyendo el balasto)	LED60S (57W)	58%
Lámpara de vapor de mercurio 250 W (total instalado 268 W incluyendo equipos auxiliares)	BY120P (110 W)	58%
Lámpara de vapor de mercurio 400 W (total instalado 428 W incluyendo equipos auxiliares)	BY121P (210 W)	51%

3. Medidas de eficiencia en sistemas térmicos para calefacción y/o Agua Caliente Sanitaria

Las medidas de eficiencia en sistemas de calefacción y Agua Caliente Sanitaria pueden ir dirigidas bien al generador de calor, bien a la red de distribución de calor y elementos terminales.

3.1. Generadores de calor

Los tipos de generador de calor existentes y los que se puedan proponer, pueden ser de distintos tipos según su combustible (eléctrico, de gas natural, gases licuados del petróleo (GLPs), gasóleo o biomasa), y según su tecnología:

- **Calentador por efecto Joule:** transforma la energía eléctrica en energía térmica mediante disipación del calor en una resistencia. Tiene un rendimiento del 100% (la conversión es directa, son todo “pérdidas”), pero no se considera un equipo eficiente, dado que la electricidad se ha producido en una proporción considerable (según el mix eléctrico) en centrales térmicas a partir de gas o carbón con un rendimiento de en torno al 40%.
- **Caldera convencional:** su temperatura en tubería de retorno es próxima a 60-70°C, su temperatura de humos es superior a 150°C y tiene un rendimiento bajo, de en torno 85-90%.

- **Caldera de baja temperatura:** trabajan a temperatura de retorno en retorno a 40°C, una temperatura de humos ligeramente superior a 110°C y un rendimiento alto, de hasta 90-95%.
- **Caldera de condensación:** en ellas se aprovecha el calor de condensación de los humos para el calentamiento del agua, reduciendo la temperatura de humos has 50-70°C y aumentando el rendimiento hasta el 105-110% (respecto del Poder Calorífico Inferior del combustible, PCI). No obstante, estos rendimientos se consiguen especialmente en funcionamiento a cargas parciales, no siendo tan notoria la diferencia en funcionamientos próximos al 100%.

Así, las **medidas de eficiencia energética** más habituales en generadores de calor para calefacción son las siguientes (una o varias simultáneamente):



- **Sustitución de caldera por cambio de combustible.** La actuación consiste en la sustitución de un generador de calor existente por otro que suponga menores emisiones y costes. Los más habituales son la incorporación de caldera de biomasa o de gas natural en sustitución de caldera de gasóleo o de equipos eléctricos por efecto Joule.
- **Sustitución de caldera por un modelo más eficiente.** La actuación incluye la sustitución de la caldera por modelos con mayor rendimiento energético, tales como sustitución de caldera convencional por caldera de baja temperatura (habitual para calderas de gasóleo o biomasa), o por caldera de condensación (caso de gas).
- **Calefacción de distrito (district heating).** Estas actuaciones consisten en la generación de calor de manera centralizada para varios edificios o consumidores y la creación de una red de distribución a todos los puntos de consumo. Este modelo está mucho más extendido en el norte de

Europa, aunque existen algunos ejemplos en España. En general, es más eficiente al desperdiciarse menos energía que en instalaciones atomizadas, consiguiendo ahorros energéticos importantes, máxime si se integra el aporte de varias fuentes como cogeneración, energías renovables o aprovechamiento de calor residual.

sustitución de generadores de calor por otros más eficientes, o bien sustituyendo el combustible utilizado por otro más limpio (caso del gas natural) o bien de origen renovable (caso de la biomasa). No obstante, a continuación, se enumeran una serie de **medidas adicionales** y sencillas de aplicación directa, aunque no exclusiva, en el aporte de calor a invernaderos.

En función de la tipología de calderas a incorporar y el tamaño de la instalación se tendrán distintos **costes de inversión**: en el caso de calderas de gas y gasóleo se tiene una inversión reducida, que puede estar entre los 100-200 €/kW, mientras que, en el caso de instalación con caldera de biomasa, podría situarse en los 200-500 €/kW, considerando todos los elementos de la instalación. Por su parte, los proyectos de calefacción de distrito presentan unos ratios de inversión mayores, que pueden llegar a los 1.000 €/kW.



- x Optimización del rendimiento de la combustión
- x Quemadores de funcionamiento fraccionado
- x Recuperador del calor en los gases de escape
- x Instalación de dos calderas
- x Mantenimiento de los sistemas de calefacción



Respecto al **ahorro energético**, en los proyectos de sustitución de calderas por modelos más eficientes y en proyectos de calefacción de distrito pueden alcanzarse ahorros típicamente entre el 5 y 20%, dependiendo de la situación de partida. Sin embargo, cabe destacar que en proyectos de sustitución por cambio de combustible no es imprescindible que haya un ahorro energético; es el caso de cambio a biomasa, cuyas calderas tienen típicamente el rendimiento de una caldera convencional. En este caso, se produce un ahorro económico y de emisiones, pero esto no es debido a un ahorro energético sino al menor precio del combustible a utilizar y una menor ratio también de emisiones.

3.2.1 Optimización del rendimiento de la combustión

Se debe optimizar el rendimiento de la combustión para que la eficacia de la instalación de calefacción sea adecuada. Para ello es necesario realizar un análisis de combustión mediante el cual se conoce la temperatura de humos, el porcentaje de oxígeno y CO₂ o inquemados entre otros. Tras la realización de este análisis se pueden determinar las medidas correctoras a adoptar, como el ajuste del aire de combustión al óptimo o la limpieza de quemadores, en su caso, para lo cual es necesario realizar revisiones periódicas.

Los **ahorros energéticos** que se pueden obtener con un correcto mantenimiento del sistema y las revisiones periódicas pertinentes es entre el 5 y 10% del consumo de combustible.

3.2. Mejora de la eficiencia energética en la generación de calor y funcionamiento de las calderas

Para conseguir una mejora global en la eficiencia energética de la instalación de calefacción es necesario realizar unas modificaciones y mejoras de la eficiencia de la generación de calor y de los equipos de control y sistemas de distribución del calor.

Como se ha descrito en las medidas generales, el sistema de calefacción es susceptible de mejora energética mediante la

3.2.2. Quemadores de funcionamiento fraccionado

Si se tiene una potencia superior a 2.000kW, se recomienda la instalación de quemadores modulantes para adaptar el consumo de energía a las necesidades demandadas por la instalación, regulando la cantidad de combustible y la potencia térmica.

Si la instalación tiene una potencia inferior a 2000kW se recomienda el funcionamiento escalonado de los quemadores, con dos posiciones de funcionamiento y regulación automática del caudal de aire, si bien la tecnología de quemadores modulantes permite un ajuste más fino.

3.2.3. Recuperador del calor en los gases de escape

Se puede incrementar la eficiencia energética y el rendimiento en la generación de calor mediante el aprovechamiento del calor residual de la combustión en la caldera incorporando un

intercambiador de calor en la chimenea de salida de humos, llamado economizador o precalentador. Este calor se utiliza para elevar la temperatura del agua de entrada en la caldera, o bien la temperatura del aire de combustión, según el caso, generando un ahorro que puede alcanzar hasta en torno a un 10%, dependiendo del nivel de temperaturas en la situación inicial.

También pueden instalarse turbuladores, introduciendo unas láminas de acero con forma helicoidal, que aumentan las turbulencias y generan el descenso de temperatura en la salida de los gases de las calderas pirotubulares, aunque presentan una pérdida de carga en los gases de combustión y generan más hollín, por lo que su mantenimiento debe ser superior.

3.2.4. Instalación de dos calderas

En determinadas épocas del año la caldera queda sobredimensionada para la demanda calorífica necesaria, especialmente en invernaderos cuando las condiciones climáticas son muy cambiantes. Una solución para ajustar la potencia de caldera a la demanda real consiste en la instalación de dos calderas que entren en funcionamiento en cascada, cuando la demanda calorífica lo precise.

3.2.5. Mantenimiento de los sistemas de calefacción

Se debe realizar un mantenimiento periódico de los sistemas de calefacción que consisten en el limpiado de la caldera y la retirada de posibles sustancias depositadas en ella y la limpieza y eliminación del hollín de los tubos de salida de humos

3.3. Distribución del calor

Los tipos de calefacción más empleados en función de los elementos terminales utilizados, son los siguientes.

- **Calefacción por radiadores, por agua caliente o eléctricos**, que calefactan por radiación y convección, produciendo acumulación del calor en las zonas altas de las estancias (estratificación térmica).
- **Calefacción mediante convectores** (fancoils o aerotermos), que permite calefactar volúmenes por convección, presentando igualmente el problema de la estratificación térmica, resuelto parcialmente con aerotermos focalizados, muy utilizados en industria.
- **Calefacción por suelo radiante**, por agua caliente o eléctrico, que utilizan una mayor superficie y menor temperatura, consiguiendo una distribución óptima

del calor y un reducido consumo, especialmente en combinación con calderas de condensación.



- **Calefacción mediante paneles radiantes**, que calefactan el ambiente mediante radiación, siendo capaces de focalizar su potencia térmica en zonas concretas, evitando la disipación de calor que se desaprovecha en los emisores de convección; muy indicados para entornos industriales.

Las medidas de eficiencia se centran en la sustitución de los sistemas existentes por otros de mayor eficiencia.

3.4. Uso de las instalaciones

Por último, existen mejoras de eficiencia energética en el propio control y hábitos de uso de los sistemas de calefacción, que pueden generar ahorros importantes en el consumo de energía:

- Establecer temperaturas de consigna adecuadas.
- Establecer lógicas de control que integren distintos aportes y demandas de calor.
- Asegurar la ventilación adecuada de las estancias a calefactar, sellando aberturas de juntas de puertas y ventanas.
- Instalar persianas aisladas para evitar ganancias o pérdidas térmicas innecesarias.
- Realizar un plan de mantenimiento y limpieza de los generadores de calor, elementos de distribución y terminales.

4. Medidas de eficiencia en sistemas de climatización y/o refrigeración

Se trata de sistemas de producción de frío y/o calor mediante tecnologías de expansión de un fluido refrigerante, como es la climatización de edificios o estancias, así como producción de frío para diversas aplicaciones.



Básicamente las actuaciones pueden clasificarse en:

- **Sustitución de equipos por otros más eficientes**, como el reemplazo de equipos bomba de calor o aire acondicionado por otros con mayor rendimiento (llamado COP - coeficiente de operación o EER - Energy Efficiency Ratio, según el caso), con incorporación de tecnología inverter (VRF - variable refrigerant flow), o bien incorporación de sistemas más novedosos como la instalación de sistemas geotérmicos y máquinas de refrigeración por absorción y adsorción.
- **Instalación de sistemas de ahorro energético, adicionales a los generadores de expansión**, tales como sistemas de enfriamiento gratuito (free-cooling), sistemas de enfriamiento evaporativo o sistemas de recuperación de calor.

En función de la tipología de los equipos a incorporar y el tamaño de la instalación se tendrán distintos **costes de inversión**⁴: En el caso de equipos de expansión sencillos la inversión puede situarse en los 200-400 €/kW, mientras que los equipos de tecnologías novedosas puede incluso superar inversiones de más de 1.000 €/kW.



Respecto al **ahorro de energía**, es muy variable en función de la situación de partida y del tipo de actuación. Por ejemplo, en proyectos de sustitución de equipos antiguos por modelos más eficientes pueden alcanzarse ahorros muy significativos (por ejemplo, un incremento

en el COP del 2,5 al 3,5 significa un ahorro energético del 29%).

5. Contabilidad energética

Es necesario conocer los consumos de los equipos y realizar un seguimiento adecuado de los mismos, con el objetivo de saber si se está haciendo un uso coherente de la energía, así como detectar desviaciones en los patrones de consumo o cambios de tendencias. Es por ello que se recomienda su evaluación y seguimiento de forma periódica, estableciendo ratios de consumo que permitan establecer consignas y determinar su grado de cumplimiento, así como poder analizar el ahorro obtenido mediante las medidas de eficiencia que se vayan tomando, en su caso.



Se recomienda gestionar la información energética a través de una herramienta de fácil consulta para poder realizar un seguimiento continuado y detectar posibles anomalías en el uso de la energía. Esto se puede llevarse a cabo a través de distintos formatos en función de las características de la planta y el nivel de seguimiento deseado, desde sencillas hojas de cálculo donde registrar de forma manual los parámetros visualizados in situ, hasta complejos sistemas de monitorización con contadores de energía y medición de parámetros diversos, gestionados mediante softwares informáticos tipo PLC (controladores lógicos programables o autómatas) o SCADA (aplicación de supervisión, control y adquisición de datos). Este tipo de sistemas cobran aún mayor importancia en sistemas altamente industrializados con múltiples procesos y variables.

6. Revisión y mantenimiento de los equipos



Realizar un plan de mantenimiento preventivo según las instrucciones de los técnicos y fabricantes para asegurar el correcto funcionamiento de los equipos, consiguiendo un rendimiento óptimo y un menor consumo energético, a la vez que aumentando la vida útil de las instalaciones.

⁴ DAIKIN climatización. Tarifa 2014.

7 Costes de inversión y nivel de ahorro de las medidas por tecnologías

Se resumen a continuación los ratios de inversión, ahorros y periodo de retorno registrados para las principales medidas de eficiencia estudiadas a partir de varios casos reales así como de diversa bibliografía de referencia.



Cabe destacar que las medidas que consisten en la sustitución de equipos, el concepto de inversión puede considerarse de dos maneras distintas en función del estado de los equipos actuales y de la necesidad o no de ser sustituidos: si se trata de una sustitución del equipo sin haber llegado al final de su vida útil, el cambio de equipo es “opcional”, por lo que la inversión a considerar sería el total presupuestado para la actuación. Sin embargo, si el equipo existente necesita ser sustituido necesariamente, suele considerarse como inversión en eficiencia energética únicamente el coste adicional que supone elegir un equipo eficiente en lugar de uno convencional. En este caso, la viabilidad es mucho más sencilla de justificar, dado que los periodos de retorno se reducen significativamente.

El ratio de inversión mostrado incluye el coste de los equipos, su montaje y puesta en marcha; el porcentaje de ahorro está indicado respecto al consumo de la instalación existente; el

Periodo de Retorno se refiere al número de años en que el ahorro anual acumulado alcanza a la inversión inicial total realizada; en algunos casos se incluye entre paréntesis el periodo de retorno calculado considerando únicamente la inversión adicional que supone elegir eficiencia energética. Los datos son relativos a inversión y ahorros directos por eficiencia energética, sin incluir en ningún caso los costes de financiación ni periodos de devolución de préstamos, etc.

Asimismo, se indica cualitativamente la complejidad en la implementación técnica de las distintas medidas, independientemente de su viabilidad económica, teniendo en cuenta distintos factores, en la escala siguiente:

- **BAJA:** La implementación de la medida no requiere de intervenciones importantes en la instalación existente, ni espacio excesivo necesario, ni largos periodos de parada de los procesos, ni supone complicaciones en la operación de los equipos una vez implementada; en principio, podría ser abordada por personal propio.
- **MEDIA:** La implementación de la medida implica alguna de las situaciones anteriores, siendo fácilmente salvables en la mayoría de los casos, y requerirá normalmente del trabajo de personal externo especialista.
- **ALTA:** La implementación de la medida implica varias o muchas de las situaciones anteriores, siendo necesario un estudio pormenorizado sobre su viabilidad técnica.

Tabla 1. Resumen medidas de eficiencia y energías renovables, coste de inversión, ahorros y puntos clave
(Fuente: elaboración CIRCE (Centro de Investigación y Recursos Energéticos))

Tipo de medida de eficiencia /renovables	Ratio de inversión	Ahorro económico (%)	Periodo Retorno (años)	Complejidad implementación	Observaciones y puntos clave
Mejoras en sistemas de iluminación					
Sustitución lámparas fluorescentes por LED	1.000-3.000 €/kW	50-60%	2-6	BAJA	Únicamente presentan restricciones los lugares de difícil acceso; las lámparas a sustituir tienen un alto número de horas de uso.
Sustitución lámparas halógenas por LED	1.000-3.000 €/kW	80-90%	2-5	BAJA	
Incorporación de elementos (detectores de presencia, temporizadores, etc.)	-	10-15%	-	BAJA	Dificultad de estimar los ahorros.
Medidas en sistemas térmicos, calefacción y ACS					
Envolvente del edificio – aislamiento térmico	100-250 €/m ²	30-60%	20-35	MEDIA	Supone una obra con dilatado periodo de ejecución, pero que en principio no interfiere con la actividad.
Instalación de caldera de biomasa, en sustitución de gasóleo	200-500 €/kW	40-50%	4-10 (2-5)	ALTA	Debe interrumpirse el servicio, adecuar la sala de calderas, ubicar espacio suficiente para el silo y atender a todas las restricciones según el tipo de combustible.
Instalación de caldera de gas, en sustitución de gasóleo	100-200 €/kW	5-10%	4-10 (2-5)	MEDIA	Debe disponerse de red de distribución de gas en la zona.
Mejora de aislamientos térmicos (calderas, sistema de distribución, etc.)	-	1-5%	< 1	BAJA	Medida extremadamente sencilla prácticamente a coste cero.
Solar térmica - producción de ACS	500-1000 €/m ² (700-1400 €/kW)	50-70%	6-14	ALTA	Debe adecuarse la sala de calderas, debiendo interrumpir el servicio para su integración, y requiere espacio considerable para los paneles y equipos adicionales.
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética	-	5-10%	< 1	BAJA	Medida sencilla prácticamente a coste cero.
Medidas en sistemas de climatización, refrigeración y frío industrial					
Sustitución de bomba de calor/	200-400 €/kW	20-40%	1-6	MEDIA	Debe interrumpirse el servicio e integrar los equipos con los elementos

Tipo de medida de eficiencia / renovables	Ratio de inversión	Ahorro económico (%)	Periodo Retorno (años)	Complejidad implementación	Observaciones y puntos clave
aire acondicionado doméstica			(1-3)		de la instalación existente. Atención al montaje y logística de equipos grandes.
Sustitución máquinas refrigeración industrial	150-350 €/kW	20-40%	1-6 (1-3)	MEDIA	
Instalación geotérmica	800-1200 €/kW	30-60%	8-10 (6-8)	ALTA	Además de los anteriores, el circuito de intercambio exterior con el terreno tiene una complejidad elevada.
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética	-	5-10%	< 1	BAJA	Medida sencilla prácticamente a coste cero.
Mejoras en equipos e instalaciones eléctricas					
Sustitución de motores existentes por equipos más eficientes	200-600 €/kW	2-10%	5-10 (2-3)	MEDIA	Únicamente presenta dificultad el desmontaje y montaje y la interrupción del servicio requerida.
Incorporación de variadores de frecuencia en motores de par variable	80-200 €/kW	15-25%	1	BAJA	Elemento adicional que requiere poco espacio; deberá programarse y configurarse adecuadamente.
Medidas en sistemas de aire comprimido	varios	5-25%	2 - 5	MEDIA	Desde mantenimiento hasta sustitución de equipos.
Sustitución de transformadores por equipos de alta eficiencia	10-25 €/kVA	1-5%	10-12 (4-5)	ALTA	Presenta interrupción total o parcial de la planta y dificultad de logística y montaje. Aunque el % ahorro es pequeño, aplica a todo el suministro y es mucho.
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética	-	5-10%	< 1	BAJA	Medida sencilla prácticamente a coste cero.
Instalaciones de producción eléctrica sostenible - autoconsumo					
Instalación solar fotovoltaica	1.000-2.000 €/kW	-	8-11	MEDIA	Montaje sencillo, únicamente requiere gran superficie y demanda constante centrada al mediodía.
Instalación minieólica	1.500-3.500 €/kW	-	8-14	MEDIA	Únicamente presenta dificultades de ubicación.
Sistemas de cogeneración	500-2.000 €/kW	-	5-8	ALTA	Presenta dificultad en la integración de procesos.

8. Potencial de implementación de las medidas por sectores

A continuación, se muestra una tabla resumen con el nivel de idoneidad de implementación por sectores agrícolas de las medidas en eficiencia energética y energía renovables propuestas. Para ello, se ha analizado la demanda energética en cada uno de los sectores y se ha valorado cualitativamente el ahorro que producirían las medidas propuestas en cada uno de ellos.

Dado lo amplio de la casuística posible en cada sector, simplemente se han indicado dos valoraciones:

- **A:** idoneidad **ALTA** de implantación de la medida en el sector correspondiente. Corresponde a las medidas cuyos sectores son idóneos para la aplicación de las mismas, dadas las características de la demanda energética observada; se trata de medidas de aplicación relativamente frecuente, cuya inversión suele recuperarse en periodos razonables tales como aparecen en la tabla, y de las que se han observado varios casos de éxito; serían las medidas de eficiencia y renovables a priorizar en cada sector.
- **M:** idoneidad **MEDIA**. Corresponde a las medidas con bastante probabilidad de éxito en los sectores correspondientes, aunque su implementación no está tan extendida como las anteriores, o bien su posible éxito no depende tanto del sector sino de otras variables independientes.

En el resto de casos, las celdas se han dejado vacías por ser medidas de menor relevancia, bien por ser medidas poco habituales, bien porque los sistemas donde se implementarían representan un consumo energético pequeño respecto al total de la planta. **Esto no significa que deba desecharse su implementación, debiendo ser esto una decisión a tomar en función de los estudios energéticos específicos que se desarrollen en cada caso.**

Independientemente de la valoración anterior, la viabilidad o no de las medidas dependerá de cada caso, por lo que deberán estudiarse en detalle. Además, existen medidas cuya idoneidad no está asociada a sectores concretos sino a parámetros específicos del funcionamiento de cada planta; es el caso de medidas como la sustitución de lámparas por LED, incorporación de detectores de presencia, energía solar térmica, incorporación de variadores de frecuencia o las instalaciones de producción eléctrica sostenible para autoconsumo.

Tabla 2. Resumen medidas de eficiencia y energías renovables por sectores (Fuente: CIRCE)

	Agricultura en general	Agricultura: regadíos	Agricultura: invernaderos	Instalaciones ganaderas	Ganadería: sector lácteo
Mejoras en labores agrarias					
	A				
Mejoras en sistemas de iluminación					
Sustitución lámparas fluorescentes por LED				A	A
Sustitución lámparas halógenas por LED				A	A
Incorporación de elementos (detectores de presencia, temporizadores, etc.)					
Medidas en sistemas térmicos, calefacción y ACS					
Envolvente del edificio – aislamiento térmico				M	M
Instalación caldera de biomasa, en sustitución de gasóleo			M	A	A
Instalación caldera de gas, en sustitución de gasóleo			M	A	A
Mejora de aislamientos térmicos (calderas, sistema de distribución, etc.)				A	A
Solar térmica - producción de ACS			M	M	A
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética			A	A	A
Medidas en sistemas de climatización, refrigeración y frío industrial					
Sustitución bomba de calor/aire acondicionado doméstica			M		A
Sustitución máquinas refrigeración industrial					A
Instalación geotérmica			M		M
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética			A		A
Medidas específicas asociadas a la producción de frío					A
Mejoras en equipos e instalaciones eléctricas					
Sustitución de motores existentes por equipos más eficientes		A	M		A
Incorporación de variadores de frecuencia en motores de par variable		A	M		A
Medidas en sistemas de aire comprimido					M
Sustitución de transformadores por equipos de alta eficiencia					M
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética		A	M		A
Instalaciones de producción eléctrica sostenible - autoconsumo					
Instalación solar fotovoltaica			M		M
Instalación minieólica			M		M
Sistemas de cogeneración					M

Tabla 3. Resumen medidas de eficiencia y energías renovables por sectores
(Fuente: CIRCE)

	Hortofrutícolas 1ª, 3ª y 4ª	Hortofrutícolas 2ª y 5ª	Almazaras	Bodegas	Centrales cármicas	Centrales lácteos
Mejoras en sistemas de iluminación						
Sustitución lámparas fluorescentes por LED	A	A	A	A	A	A
Sustitución lámparas halógenas por LED	A	A	A	A	A	A
Incorporación de elementos (detectores de presencia, temporizadores, etc.)						
Medidas en sistemas térmicos, calefacción y ACS						
Envolvente del edificio – aislamiento térmico		M	M	M	M	M
Instalación caldera de biomasa, en sustitución de gasóleo		A	A		A	A
Instalación caldera de gas, en sustitución de gasóleo		A	A		A	A
Mejora de aislamientos térmicos (calderas, sistema de distribución, etc.)		A	M			A
Solar térmica - producción de ACS		A	M		A	A
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética		A	A		A	A
Medidas específicas asociadas a procesos térmicos		A			A	A
Medidas en sistemas de climatización, refrigeración y frío industrial						
Sustitución bomba de calor/aire acondicionado doméstica	M	M	M	M	M	M
Sustitución máquinas refrigeración industrial	A	A		A	A	A
Instalación geotérmica	M	M		M	M	M
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética	A	A	M	A	A	A
Medidas específicas asociadas a la producción de frío	A	A		A	A	
Mejoras en equipos e instalaciones eléctricas						
Sustitución de motores existentes por equipos más eficientes	A	A	A	M	M	M
Incorporación de variadores de frecuencia en motores de par variable	M	M	M	M	M	M
Medidas en sistemas de aire comprimido	A	M			M	M
Sustitución de transformadores por equipos de alta eficiencia	M	M	M	M	M	
Optimización de la operación y mntto. del sistema / sistemas de gestión energética	A	A	A	M	M	M
Medidas específicas asociadas a accionamientos eléctricos			A			
Instalaciones de producción eléctrica sostenible - autoconsumo						
Instalación solar fotovoltaica	M	M	M	M	M	M
Instalación minieólica	M	M	M	M	M	M
Sistemas de cogeneración		M			M	M